BACHARELADO EM AGRONOMIA

FREQUÊNCIAS DE APLICAÇÃO DE *Bacillus thuringiensis* NO MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* NA CULTURA DO MILHO EM HIDROLÂNDIA

RAYANE DOS REIS SOARES

Hidrolândia, GO
2026

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS HIDROLÂNDIA

BACHARELADO EM AGRONOMIA

FREQUÊNCIAS DE APLICAÇÃO DE *Bacillus thuringiensis* NO MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* NA CULTURA DO MILHO EM HIDROLÂNDIA

RAYANE DOS REIS SOARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Hidrolândia, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof(a). Dr(a) Lilian Rosana Silva Rabelo

Hidrolândia – GO
Agosto,2026

RAYANE DOS REIS SOARES

FREQUÊNCIAS DE APLICAÇÃO DE *Bacillus thuringiensis* NO MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* NA CULTURA DO MILHO EM HIDROLÂNDIA, GO

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 28 de agosto de 2026 pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Documento assinado digitalmente
gov.br
ANDRE LUIZ RODRIGUES DA SILVEIRA
Data: 06/09/2026 14:57:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. André Luiz Rodruigues da Silveira
Membro
IF Goiano

Documento assinado digitalmente
gov.br
LEONARDO DE CASTRO SANTOS
Data: 08/09/2026 16:47:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos
Membro
IF Goiano

Documento assinado digitalmente
gov.br
LILIAN ROSANA SILVA RABELO
Data: 05/09/2026 18:49:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.(a) Dr.(a). Lilian Rosana Silva Rabelo
Orientadora
IF Goiano

Hidrolândia
Agosto, 2026

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: Rayane dos Reis Soares

Matrícula: 2021211200240186

Título do trabalho: FREQUENCIAS DE APLICAÇÃO DE Bacillus thuringiensis NO MANEJO DE Spodoptera frugiperda NA CU DO MILHO EM HIDROLÂNDIA

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☑ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10 / 09 / 2026

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.

Hidrolândia — Local
05 / 09 / 2026 — Data

gov.br Documento assinado digitalmente
RAYANE DOS REIS SOARES
Data: 05/09/2026 08:50:29-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do autor e/ou detentor dos d[illegible]

Ciente e de acordo:

gov.br Documento assinado digitalmente
LILIAN ROSANA SILVA RABELO
Data: 05/09/2026 19:10:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do(a) orientador(a)

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

Soares, Rayane dos Reis
S676f FREQUÊNCIAS DE APLICAÇÃO DE Bacillus thuringiensis NO MANEJO DE Spodoptera frugiperda NA CULTURA DO MILHO EM HIDROLÂNDIA / Rayane dos Reis Soares. Hidrolândia 2026.

35f. il.

Orientadora: Profª. Dra. Lilian Rosana Silva Rabelo.
Monografia (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 1120024 - Bacharelado em Agronomia - Hidrolândia (Campus Hidrolândia).
1. Zea mays. 2. Lagarta-do-cartucho. 3. Manejo integrado de pragas. 4. Bioinsumo.. I. Título.

Dedico este trabalho aos meus familiares e a todos que me acompanharam durante a graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, por todo o apoio, incentivo, carinho e compreensão durante essa jornada. A presença e o apoio de vocês foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui e concluir essa importante etapa da minha vida.

Aos meus amigos, em especial Geovana e Henrique, que fizeram parte dessa jornada comigo, agradeço pela amizade, pelo companheirismo, pelos momentos compartilhados e por todo o apoio ao longo da graduação.

À Geovana, deixo um agradecimento especial por ter estado ao meu lado durante grande parte dessa jornada, apoiando meus projetos e contribuindo também no desenvolvimento da pesquisa deste TCC. Sua ajuda, incentivo e companheirismo foram muito importantes durante esse processo.

À minha orientadora, Lilian, agradeço por todo o apoio, orientação, paciência e ensinamentos durante a graduação e, especialmente, durante a realização deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço também ao Centro de Excelência em Bioinsumos – CEBIO UTT Hidrolândia, pela oportunidade de vivenciar experiências que contribuíram para minha formação acadêmica e pelo apoio durante o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Hidrolândia, agradeço pela formação proporcionada ao longo da graduação e pelo apoio à pesquisa por meio da concessão da bolsa de Iniciação Científica PIBIC, que foi fundamental para minha participação no desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico e científico.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa jornada e contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui. Meu muito obrigada a todos que fizeram parte dessa conquista!

RESUMO

SOARES, Rayane dos Reis. **Frequências de aplicação de *Bacillus thuringiensis* no manejo de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho** 2026. 35p Monografia (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Hidrolândia, GO, 2026.

A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) é uma das principais pragas da cultura do milho (*Zea mays* L.) no Brasil, podendo ocasionar perdas expressivas de produtividade e apresentar desafios ao manejo em razão da evolução da resistência a inseticidas e a determinadas tecnologias Bt. Nesse contexto, bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) constituem uma alternativa para diversificação das estratégias de controle, sendo importante avaliar diferentes programas de aplicação em condições de campo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes frequências e intervalos de aplicação de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* no manejo de *S. frugiperda* na cultura do milho, comparando seu desempenho ao tratamento químico com deltametrina e à testemunha sem aplicação de inseticida. O experimento foi conduzido em Hidrolândia, GO, entre fevereiro e maio de 2025, em delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados os danos foliares por meio da escala de Davis (0–9), aos 30 e 55 dias após a emergência (DAE), e a produtividade de grãos. Não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para os danos foliares, pelo teste de Friedman, nem para a produtividade de grãos, pela análise de variância. Na avaliação final, as notas médias ponderadas de dano variaram de 0,00 a 0,14, enquanto a produtividade média variou de 9.049 a 10.448 kg ha^{-1}. O aumento de duas para até quatro aplicações de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, assim como a redução do intervalo entre pulverizações de 15 para sete dias, não proporcionou benefícios estatisticamente detectáveis para as variáveis avaliadas. Da mesma forma, o tratamento químico com deltametrina não apresentou superioridade estatística em relação aos diferentes programas de aplicação do bioinseticida, tanto para os danos foliares quanto para a produtividade de grãos, indicando desempenho estatisticamente semelhante entre as estratégias nas condições avaliadas. A baixa intensidade de infestação de *S. frugiperda* durante o período experimental, entretanto, provavelmente limitou a capacidade de discriminação entre os tratamentos e não permite estabelecer equivalência absoluta entre os métodos de controle. Os resultados reforçam o potencial de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* como ferramenta a ser integrada aos programas de Manejo Integrado de Pragas, contribuindo para a diversificação das estratégias de controle, para a redução da dependência exclusiva de inseticidas sintéticos e para o manejo da resistência de *S. frugiperda*.

Palavras-chave: *Zea mays.* Lagarta-do-cartucho. Manejo integrado de pragas. Bioinsumo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da distribuição dos tratamentos no experimento em delineamento em blocos casualizados. Hidrolândia, GO, 2025. 20
Figura 2. Nota média de dano foliar causado por Spodoptera frugiperda, determinada pela escala de Davis (0–9), antes da aplicação dos tratamentos e na avaliação final. Hidrolândia, GO, 2025. 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cronograma de aplicação dos tratamentos utilizados no manejo de Spodoptera frugiperda na cultura do milho. Hidrolândia, GO, 2025. 22

Tabela 2. Nota média de dano foliar causado por Spodoptera frugiperda, determinada pela escala de Davis (0–9), antes e após a aplicação dos tratamentos. Hidrolândia, GO, 2025. 24

Tabela 3. Produtividade média do milho em função dos tratamentos. 28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **11**
2. REFERENCIAL TEÓRICO **12**
2.1. Cultura do milho **12**
2.2 *Spodoptera frugiperda*: bioecologia, danos e manejo **14**
2.3.Manejo e resistência de *Spodoptera frugiperda* aos métodos de controle **15**
2.4. Bioinsumos e controle biológico no manejo integrado de pragas **16**
2.5. *Bacillus thuringiensis* no manejo da *Spodoptera frugiperda* **17**
2.6.Fatores que influenciam a eficiência de *Bacillus thuringiensis* e a frequência de aplicação **17**
3. MATERIAL E MÉTODOS **18**
3.1 Área experimental **18**
3.2 Implantação e condução da cultura **18**
3.3 Delineamento experimental e caracterização das parcelas **19**
3.4 Tratamentos experimentais **20**
3.5 Monitoramento de *Spodoptera frugiperda* e avaliação dos danos foliares **21**
3.6 Aplicação dos tratamentos **22**
3.7 Avaliação da produtividade **22**
3.8 Análise estatística **22**
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **23**
4.1 Danos foliares causados por *Spodoptera frugiperda* **23**
4.2 Produtividade de grãos **26**
5. CONCLUSÃO **29**
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **29**

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) está entre as culturas de maior importância econômica mundial, constituindo componente fundamental da alimentação humana e animal e matéria-prima para diferentes segmentos industriais, incluindo a produção de alimentos, bebidas, bioenergia e outros derivados (EMBRAPA, 2022). No Brasil, destaca-se entre os principais grãos produzidos e exportados, sendo cultivado em todas as regiões do país. Na safra 2024/2025, a produção nacional foi estimada em aproximadamente 139,7 milhões de toneladas, consolidando o Brasil entre os maiores produtores mundiais do cereal. Apesar dos avanços obtidos com o melhoramento genético e o manejo da cultura, fatores bióticos, especialmente os insetos-praga, ainda representam importantes limitações à produtividade das lavouras (CONAB, 2025; EMBRAPA, 2021).

Entre as principais pragas associadas à cultura do milho, destaca-se a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), considerada uma das espécies de maior importância econômica em razão de sua ampla ocorrência e elevado potencial de dano. A alimentação das lagartas sobre os tecidos foliares pode comprometer a área fotossinteticamente ativa das plantas e ocasionar perdas de produtividade, cuja intensidade depende, entre outros fatores, do nível de infestação e do estádio de desenvolvimento da cultura (MONNERAT et al., 2015). Nos últimos anos, o manejo dessa praga tornou-se ainda mais desafiador em razão da evolução da resistência a diferentes inseticidas químicos e a eventos Bt, tornando necessária a adoção de estratégias diversificadas para seu manejo (HORIKOSHI et al., 2016; OMOTO et al., 2016).

Diante dessas limitações, a integração de diferentes métodos de controle no Manejo Integrado de Pragas (MIP) constitui uma estratégia importante para reduzir a dependência exclusiva do controle químico e contribuir para o manejo da resistência. Nesse contexto, o uso de bioinsumos destinados ao controle biológico tem assumido crescente importância na agricultura, especialmente aqueles formulados à base de microrganismos, como fungos, vírus e bactérias. Entre esses agentes, destaca-se *Bacillus thuringiensis* (Bt), uma das bactérias mais empregadas no manejo de lagartas de importância agrícola. Durante a esporulação, essa bactéria produz proteínas inseticidas, entre elas as proteínas Cry, que apresentam atividade sobre espécies suscetíveis da ordem Lepidoptera, além de elevada seletividade e baixo impacto sobre organismos não alvo (GALZER; AZEVEDO FILHO, 2016; BRAVO; LIKITVIVATANAVONG; GILL, 2011).

No Brasil, a utilização dessas tecnologias foi fortalecida com o lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos, em 2020, que incentivou a adoção de produtos, processos e tecnologias de origem biológica destinados à produção agropecuária (BRASIL, 2020). Nesse cenário, os

bioinseticidas à base de *B. thuringiensis* constituem uma alternativa para integrar diferentes estratégias de manejo de *S. frugiperda*, contribuindo para a diversificação dos métodos de controle empregados na cultura do milho.

Entretanto, a eficiência de bioinseticidas à base de *B. thuringiensis* em condições de campo pode ser influenciada por diferentes fatores, incluindo o estádio de desenvolvimento das lagartas, as condições ambientais, a tecnologia de aplicação e o período transcorrido entre as pulverizações. Dessa forma, embora diversos estudos demonstrem a eficiência de *B. thuringiensis* no controle de *S. frugiperda*, ainda são limitadas as informações sobre o efeito de diferentes frequências e intervalos de aplicação do bioinseticida em condições de campo. A definição de estratégias adequadas de aplicação torna-se, portanto, relevante para otimizar sua utilização no manejo da lagarta-do-cartucho.

Parte-se da hipótese de que diferentes frequências e intervalos de aplicação de *B. thuringiensis* podem resultar em diferentes níveis de proteção da cultura ao longo do período de ocorrência da praga, reduzindo os danos foliares causados por *S. frugiperda* e proporcionando desempenho comparável ao controle químico. Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a eficiência de diferentes frequências e intervalos de aplicação de um bioinseticida à base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* no manejo de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho, comparando seu desempenho ao inseticida químico deltametrina e à testemunha sem aplicação de inseticida. Como objetivos específicos, buscou-se: (i) comparar os danos foliares causados por *S. frugiperda* entre os diferentes programas de aplicação do bioinseticida; (ii) comparar o desempenho do bioinseticida com o controle químico; e (iii) verificar os efeitos dos tratamentos sobre a produtividade de grãos da cultura.

.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas de maior importância econômica no mundo, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar, na alimentação animal e como matéria-prima para diversos segmentos industriais, incluindo a produção de biocombustíveis. No Brasil, destaca-se como um dos principais grãos produzidos, contribuindo significativamente para o abastecimento interno, geração de renda e exportações do agronegócio (FAO, 2024; CONAB, 2025).

Na safra 2024/2025, a produção brasileira foi estimada em aproximadamente 139,7 milhões de toneladas, mantendo o país entre os maiores produtores mundiais de milho. A cultura é cultivada

em todas as regiões brasileiras, com destaque para a região Centro-Oeste, onde o sistema de sucessão soja-milho apresenta grande importância para os sistemas de produção agrícola (CONAB, 2025; IBGE, 2024). Em Goiás, a produção de milho na safra 2025/2026 está estimada em aproximadamente 13,5 milhões de toneladas, sendo a maior parte proveniente da segunda safra, que representa cerca de 88,5% da produção estadual (SEAPA, 2026).

Apesar dos avanços tecnológicos relacionados ao melhoramento genético, à mecanização e ao manejo da cultura, diversos fatores ainda limitam o potencial produtivo do milho. Entre eles, destacam-se as condições climáticas adversas, a ocorrência de doenças e o ataque de insetos-praga, que podem comprometer significativamente o desenvolvimento das plantas e a produtividade de grãos (EMBRAPA, 2021).

Dentre os fatores bióticos, os insetos-praga merecem destaque por causarem danos em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Nesse contexto, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), é considerada uma das principais pragas associadas ao milho no Brasil, em razão de sua ampla distribuição, capacidade de infestação e potencial para ocasionar perdas expressivas de produtividade, tornando necessária a adoção de estratégias eficientes de manejo (CRUZ et al., 2012; WORDELL FILHO et al., 2016).

2.2 *Spodoptera frugiperda*: bioecologia e danos na cultura do milho

A cultura do milho está sujeita ao ataque de diferentes espécies de insetos-praga capazes de comprometer seu desenvolvimento e reduzir a produtividade. Entre essas espécies, destaca-se a Spodoptera *frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho, considerada uma das principais pragas da cultura em razão de sua capacidade de causar danos e das dificuldades relacionadas ao seu manejo (CRUZ et al., 2013; WORDELL FILHO et al., 2016).

Spodoptera frugiperda apresenta ampla distribuição geográfica e elevada capacidade de utilização de diferentes plantas hospedeiras. Montezano et al. (2018), em levantamento realizado nas Américas, registraram 353 espécies de plantas hospedeiras pertencentes a 76 famílias botânicas, com predominância de espécies das famílias Poaceae, Asteraceae e Fabaceae. Essa elevada polifagia favorece a sobrevivência e a permanência da praga em diferentes sistemas agrícolas ao longo do ano.

A espécie apresenta desenvolvimento holometábolo, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. A fase larval apresenta maior importância agrícola, pois é nesse estágio que ocorrem

os danos provocados pela alimentação. O desenvolvimento do inseto é influenciado pelas condições ambientais, pela temperatura e pela disponibilidade e qualidade do alimento, fatores que podem interferir na duração do ciclo e na dinâmica populacional da espécie (ROSA; BARCELOS, 2012).

Na cultura do milho, as lagartas são encontradas principalmente no cartucho das plantas, onde se alimentam dos tecidos foliares. Inicialmente podem provocar raspagens na superfície das folhas e, à medida que aumentam de tamanho, ocasionam perfurações e destruição mais intensa do tecido foliar. A intensidade do dano depende, entre outros fatores, do estádio de desenvolvimento das plantas, da densidade populacional da praga e do período de ocorrência da infestação (ROSA; BARCELOS, 2012; WORDELL FILHO et al., 2016).

A ocorrência de *S. frugiperda* pode resultar em perdas expressivas quando a infestação atinge níveis elevados. Figueiredo, Martins-Dias e Cruz (2006), ao avaliarem os efeitos da espécie em milho na ausência da atuação eficiente de agentes naturais de controle, observaram reduções expressivas na produção de matéria seca e no rendimento de grãos, demonstrando o potencial da lagarta-do-cartucho para comprometer o desempenho da cultura.

Além da intensidade da infestação, a localização das lagartas no interior do cartucho pode dificultar o contato com produtos aplicados por pulverização, especialmente quando os insetos se encontram em estádios larvais mais avançados. Dessa forma, o monitoramento da ocorrência da praga e a adoção de medidas de controle no momento adequado são fundamentais para aumentar a eficiência das estratégias de manejo (CRUZ; FIGUEIREDO, 2006; ROSA; BARCELOS, 2012).

2.3.Manejo e resistência de *Spodoptera frugiperda* aos métodos de controle

O manejo de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho envolve diferentes estratégias, entre elas o controle químico, o uso de cultivares geneticamente modificadas que expressam proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* e o controle biológico. Entre essas ferramentas, os inseticidas químicos são amplamente utilizados devido à rapidez de ação e à facilidade de aplicação, especialmente em situações de maior infestação da praga (GALLO et al., 2002; CRUZ et al., 2010).

Entretanto, o uso frequente de inseticidas pertencentes aos mesmos grupos ou mecanismos de ação pode exercer pressão de seleção sobre as populações da praga e favorecer a evolução da resistência. No Brasil, já foram registradas alterações na suscetibilidade de populações de *S. frugiperda* a diferentes inseticidas, evidenciando a importância da adoção de estratégias de manejo da resistência (YU, 1991; SPARKS; NAUEN, 2015; KAISER et al., 2021).

A resistência também representa um desafio para as tecnologias de milho Bt. Populações de *S. frugiperda* resistentes a proteínas como Cry1F e Cry1Ab já foram registradas no Brasil, podendo

comprometer a eficiência de determinados eventos transgênicos (OMOTO et al., 2016). Machado et al. (2020) também demonstraram a possibilidade de resistência cruzada entre proteínas expressas em diferentes culturas geneticamente modificadas.

Cabe destacar que cultivares de milho Bt e bioinseticidas formulados à base de *B. thuringiensis* constituem estratégias distintas. Nas plantas Bt, as proteínas inseticidas são expressas nos tecidos vegetais, enquanto nos bioinseticidas o produto é aplicado sobre a cultura e deve ser ingerido pelas lagartas suscetíveis para exercer sua ação.

Diante dessas limitações, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) torna-se fundamental para reduzir a dependência de uma única estratégia de controle. A integração de métodos, o monitoramento das populações da praga, a rotação de mecanismos de ação e o uso do controle biológico podem contribuir para retardar a evolução da resistência e preservar a eficiência das tecnologias disponíveis (HORIKOSHI et al., 2016; YANG et al., 2022)

2.4. Bioinsumos e controle biológico no manejo integrado de pragas

Os bioinsumos compreendem produtos, processos ou tecnologias de origem vegetal, animal ou microbiana destinados à produção agropecuária. No Brasil, sua utilização foi fortalecida com a criação do Programa Nacional de Bioinsumos, por meio do Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, e, posteriormente, pela Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024, que estabeleceu marco legal específico para o setor (BRASIL, 2020; BRASIL, 2024).

No manejo de insetos-praga, o controle biológico pode envolver a utilização de parasitóides, predadores e microrganismos entomopatogênicos. Esses agentes podem ser empregados de forma integrada a outros métodos de controle no Manejo Integrado de Pragas (MIP), contribuindo para a diversificação das estratégias de manejo e para a redução da dependência exclusiva de inseticidas químicos (Polanczyk; Alves, 2003; Fontes; Valadares-Inglis, 2020).

Entre os agentes microbianos utilizados no controle de insetos destacam-se fungos, bactérias, vírus e nematoides entomopatogênicos. Nesse grupo encontram-se fungos dos gêneros *Beauveria* e *Metarhizium*, bactérias como *Bacillus thuringiensis* e vírus da família Baculoviridae, empregados no controle de diferentes artrópodes-praga (FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020).

A eficiência desses agentes pode variar em função das características do microrganismo, do inseto-alvo, da formulação, da tecnologia de aplicação e das condições ambientais. Dessa forma, seu

emprego deve considerar as características do agente biológico e do sistema de produção, buscando sua integração com outras estratégias de manejo (FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020).

No manejo de *Spodoptera frugiperda,* diferentes agentes biológicos têm sido estudados como alternativas ou complementos aos métodos convencionais de controle (CRESPO et al., 2021). Entre eles, destaca-se *Bacillus thuringiensis* (Bt), bactéria entomopatogênica amplamente utilizada na produção de bioinseticidas e com atividade sobre diferentes espécies de insetos, incluindo representantes da ordem Lepidoptera (POLANCZYK; ALVES, 2003; FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020).

2.5. *Bacillus thuringiensis no manejo de Spodoptera frugiperda*

Bacillus thuringiensis (Bt) é uma bactéria Gram-positiva encontrada naturalmente em diferentes ambientes, incluindo solos e plantas. Durante a esporulação, produz inclusões cristalinas constituídas por proteínas com atividade inseticida, entre as quais se destacam as proteínas Cry, responsáveis pela ação sobre diferentes grupos de insetos (Polanczyk; Alves, 2003).

O mecanismo de ação inicia-se com a ingestão do complexo esporo-cristal pela lagarta suscetível. No intestino médio, as proteínas são solubilizadas e ativadas, ligando-se posteriormente a receptores específicos presentes nas células epiteliais. Esse processo provoca alterações na integridade do intestino, interrupção da alimentação e, posteriormente, morte do inseto (SCHÜNEMANN et al., 2014; JURAT-FUENTES; CRICKMORE, 2017).

Entre as principais vantagens dos bioinseticidas à base de Bt destacam-se a especificidade aos organismos suscetíveis, a seletividade em relação a diversos organismos não alvo, a biodegradabilidade e a possibilidade de integração em programas de MIP (BRAVO et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2022).

2.6 Fatores que influenciam a eficiência de *Bacillus thuringiensis* e a frequência de aplicação

A eficiência de bioinseticidas à base de Bacillus thuringiensis (Bt) pode ser influenciada por fatores relacionados ao inseto-alvo, ao produto e às condições de aplicação. A suscetibilidade de Spodoptera frugiperda ao Bt pode variar conforme a estirpe bacteriana utilizada e a concentração do

agente, sendo a ingestão do complexo esporo-cristal fundamental para que ocorra a ação inseticida (MELATTI et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2022).

Em condições de campo, fatores ambientais também podem limitar a persistência e a eficiência dos bioinseticidas à base de Bt. A exposição à radiação ultravioleta, as condições de temperatura e outros fatores ambientais podem reduzir sua atividade residual sobre as superfícies vegetais. Dessa forma, a menor persistência do produto no ambiente pode tornar necessárias reaplicações para manutenção do controle ao longo do período de ocorrência da praga (NASCIMENTO et al., 2022).

A tecnologia de aplicação constitui outro fator relevante para o desempenho do Bt. Como sua ação depende da ingestão pelas lagartas suscetíveis, a deposição do produto sobre os tecidos vegetais utilizados para alimentação pode favorecer sua eficácia. Além disso, características físico-químicas da calda e das gotas podem interferir na deposição do bioinseticida, demonstrando a importância da qualidade da aplicação no manejo de S. frugiperda (PETERLINI, 2024).

Nesse contexto, a frequência e o intervalo entre aplicações devem ser considerados na utilização de bioinseticidas à base de Bt, especialmente em razão de sua persistência limitada no ambiente. A definição do programa de aplicação deve considerar fatores como ocorrência e estádio de desenvolvimento da praga, condições ambientais e características da aplicação (NASCIMENTO et al., 2022). Assim, a avaliação de diferentes frequências e intervalos de aplicação de B. thuringiensis em condições de campo é relevante para determinar estratégias mais adequadas de utilização do bioinseticida no manejo de S. frugiperda

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Hidrolândia, no município de Hidrolândia, Goiás, localizada nas coordenadas geográficas 17°00'56"S e 49°12'00"W, a aproximadamente 770 m de altitude. O estudo foi realizado no período de 28 de fevereiro a 30 de maio de 2025.

O clima predominante na região é tropical sazonal, classificado como Aw segundo Köppen, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, de textura média, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Antes da instalação do experimento, a área era utilizada para pesquisas com culturas anuais sob sistema de preparo convencional. Para a implantação da cultura, o solo foi preparado mediante uma aração seguida de gradagem.

3.2 Implantação e condução da cultura

A semeadura do milho foi realizada manualmente em 28 de fevereiro de 2025, utilizando-se a cultivar Vereda, de tecnologia convencional. Adotou-se espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, correspondente a uma população aproximada de 100.000 plantas ha^{-1}.

A adubação de plantio foi realizada de acordo com a análise química do solo, utilizando-se 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 + 0,5% Zn. A adubação de cobertura foi realizada no estádio V6, com aplicação de 40 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de sulfato de amônio.

Durante a condução do experimento, o controle das plantas daninhas foi realizado por capina manual. Não foram realizadas aplicações de fungicidas, uma vez que não foram observados sintomas de doenças, e não foram utilizados outros inseticidas além daqueles estabelecidos nos tratamentos experimentais. O suprimento hídrico foi realizado por irrigação por aspersão sempre que necessário.

3.3 Delineamento experimental e caracterização das parcelas

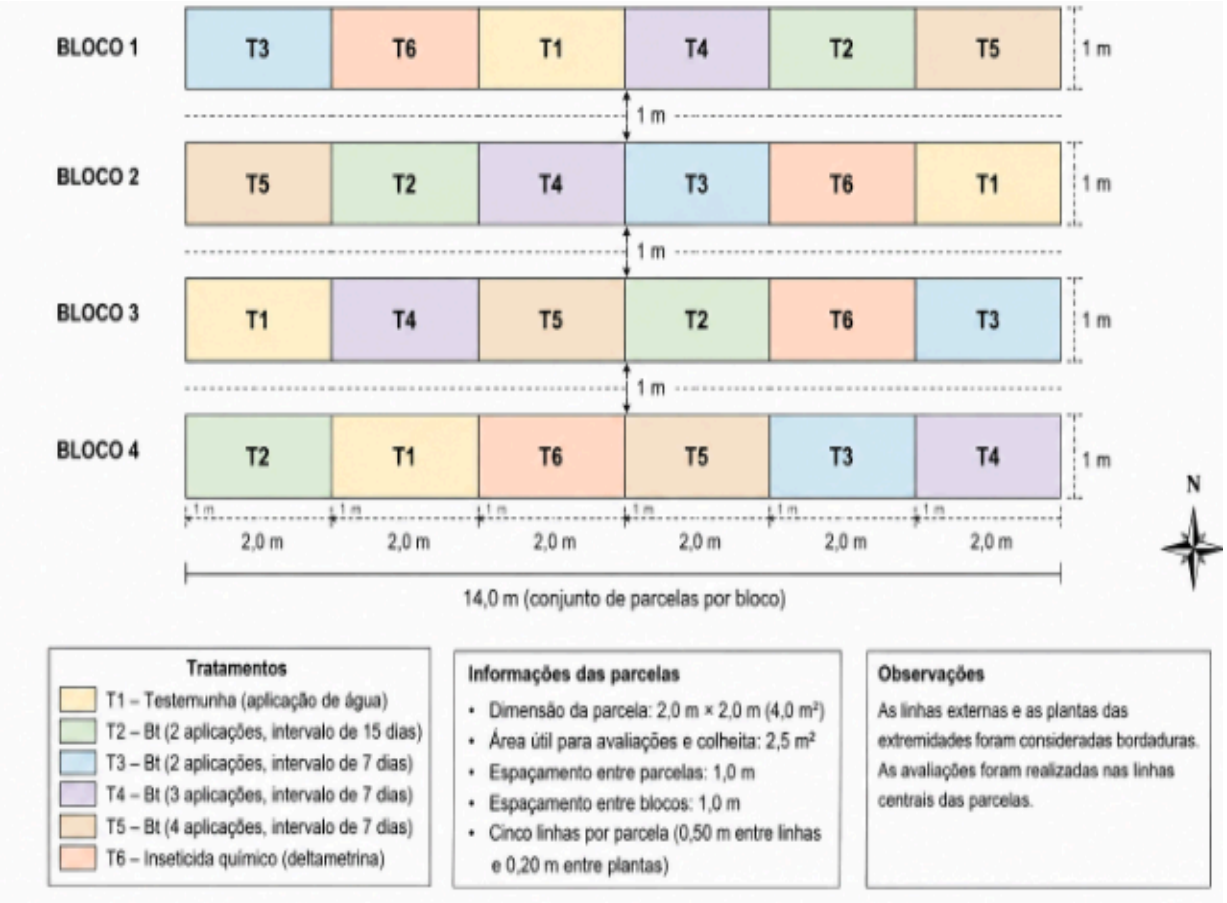
O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados (DBC), constituído por seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Cada parcela apresentou dimensões de 2 × 2 m, correspondendo a uma área total de 4 m², sendo constituída por cinco linhas de milho. As linhas externas e as plantas localizadas nas extremidades foram consideradas bordaduras, e as avaliações foram realizadas nas linhas centrais das parcelas.

Para a avaliação dos danos ocasionados por *Spodoptera frugiperda*, foram amostradas 16 plantas por parcela em cada época de avaliação. As plantas foram selecionadas aleatoriamente entre aquelas pertencentes às linhas centrais da parcela, totalizando 64 plantas avaliadas por tratamento em cada época de amostragem. A seleção foi realizada independentemente em cada avaliação, de modo que as plantas amostradas em uma determinada época não necessariamente correspondiam às mesmas plantas avaliadas na época subsequente.

Para a determinação da produtividade de grãos, foi considerada uma área útil de 2,5 m² por parcela, localizada na região central da unidade experimental, desconsiderando-se as linhas externas e as plantas das extremidades como bordadura.

Foi mantido espaçamento de 1 m entre parcelas e de 1 m entre blocos, com a finalidade de reduzir a possibilidade de deriva durante as pulverizações e minimizar interferências entre os tratamentos.

Figura 1. Croqui da distribuição dos tratamentos no experimento em delineamento em blocos casualizados. Hidrolândia, GO, 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3.4 Tratamentos experimentais

Os tratamentos foram estabelecidos com o objetivo de avaliar diferentes frequências e intervalos de aplicação de um bioinseticida à base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* no manejo de *Spodoptera frugiperda*, utilizando-se como referências uma testemunha sem aplicação de inseticida e um tratamento com inseticida químico.

O produto biológico utilizado foi o Tec CATP Pro®, fabricado pela Solubio Tecnologias Agrícolas S.A. e disponibilizado pelo Centro de Excelência em Bioinsumos – CEBIO UTT Hidrolândia, contendo *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, cepa S1450, na concentração de $7{,}4 \times 10^{9}$ esporos viáveis mL^{-1} (300 g L^{-1}), formulação suspensão concentrada (SC) e registro no Ministério

da Agricultura e Pecuária sob o nº 10922. O bioinseticida foi utilizado na dose comercial de 5 L ha^{-1} em todas as aplicações correspondentes aos tratamentos biológicos.

Como tratamento químico de referência, foi utilizado o inseticida Decis® 25 EC, à base do ingrediente ativo deltametrina, na concentração de 25 g L^{-1}, na dose de 200 mL ha^{-1} (0,2 L ha^{-1}). Foi realizada uma única aplicação aos 30 dias após a emergência (DAE). Esse tratamento foi incluído como padrão químico de comparação para avaliação do desempenho dos diferentes programas de aplicação do bioinseticida.

A testemunha (T1) não recebeu inseticida químico ou biológico durante o período experimental. No momento da primeira aplicação dos tratamentos, aos 30 DAE, foi realizada somente a pulverização de água nas parcelas correspondentes à testemunha, utilizando-se o mesmo volume de calda adotado para os demais tratamentos. Nas aplicações subsequentes, não foram realizadas novas pulverizações de água na testemunha.

Os tratamentos foram constituídos por:

T1 – testemunha, sem aplicação de inseticida, com pulverização de água somente aos 30 DAE;

T2 – *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, duas aplicações com intervalo de 15 dias;

T3 – *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, duas aplicações com intervalo de 7 dias;

T4 – *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, três aplicações com intervalos de 7 dias;

T5 – *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, quatro aplicações com intervalos de 7 dias;

T6 – Decis® 25 EC (deltametrina), uma aplicação na dose de 200 mL ha^{-1}, aos 30 DAE

3.5 Monitoramento de *Spodoptera frugiperda* e avaliação dos danos foliares

O monitoramento da ocorrência de *Spodoptera frugiperda* foi iniciado após a emergência das plantas e realizado por meio da avaliação visual dos sintomas de alimentação da lagarta das folhas do milho.

Para quantificação dos danos foliares, utilizou-se a escala proposta por Davis et al. (1992), constituída por notas de 0 a 9, atribuídas de acordo com a intensidade dos sintomas observados, sendo 0 correspondente à ausência de dano e 9 à condição de maior intensidade de dano foliar.

Em cada parcela foram selecionadas aleatoriamente 16 plantas localizadas nas linhas centrais. A seleção das plantas foi realizada novamente em cada época de avaliação, caracterizando amostragens independentes quanto às plantas avaliadas. Dessa forma, as plantas examinadas na avaliação inicial não foram necessariamente as mesmas examinadas na avaliação posterior.

Foram realizadas avaliações periódicas para o monitoramento dos sintomas de dano ocasionados por *Spodoptera frugiperda*. Nas avaliações iniciais não foram observados sintomas da praga. Aos 30 dias após a emergência (DAE), foram constatados os primeiros sintomas de dano foliar, sendo essa avaliação considerada a condição inicial das parcelas e utilizada como referência para o início da aplicação dos tratamentos.

Após essa avaliação, foram iniciadas as pulverizações conforme o número de aplicações e os intervalos definidos para cada tratamento. Nos tratamentos com reaplicações em intervalo de sete dias, as aplicações subsequentes foram realizadas de acordo com o respectivo programa experimental, sendo a última aplicação realizada no tratamento T5 aos 52 DAE (Tabela 1).

A avaliação final dos sintomas de dano foi realizada quatro dias após a última aplicação prevista no experimento, aos 55 DAE. Em cada época de avaliação, foram selecionadas aleatoriamente 16 plantas por parcela, localizadas nas linhas centrais. A seleção das plantas foi realizada independentemente em cada avaliação, de modo que as plantas amostradas inicialmente não necessariamente corresponderam às mesmas plantas avaliadas posteriormente.

Tabela 1. Cronograma de aplicação dos tratamentos utilizados no manejo de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. Hidrolândia, GO, 2025.

Tratamento	aplicação	aplicação	aplicação	aplicação
T1 – testemunha	30 DAE*	—	—	—
T2 – Bt, 2 aplicações/15 dias	30 DAE	45 DAE	—	—
T3 – Bt, 2 aplicações/7 dias	30 DAE	37 DAE	—	—
T4 – Bt, 3 aplicações/7 dias	30 DAE	37 DAE	45 DAE	—
T5 – Bt, 4 aplicações/7 dias	30 DAE	37 DAE	45 DAE	52 DAE
T6 – Deltametrina	30 DAE	—	—	—

3.6 Aplicação dos tratamentos

As aplicações dos tratamentos foram iniciadas aos 30 dias após a emergência (DAE), após a avaliação inicial dos danos foliares causados por *Spodoptera frugiperda*. As pulverizações foram realizadas no período da tarde, aproximadamente às 16 h, utilizando-se pulverizador costal manual Vonder®, equipado com ponta de jato plano de 110° e previamente calibrado para volume de aplicação de 150 L ha^{-1}.

Nos tratamentos T2, T3, T4 e T5, foi utilizado o bioinseticida Tec CATP Pro®, à base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, na dose de 5 L ha^{-1}. As reaplicações foram realizadas de acordo

com o programa estabelecido para cada tratamento: T2 recebeu duas aplicações, aos 30 e 45 DAE, com intervalo de 15 dias; T3 recebeu duas aplicações, aos 30 e 37 DAE; T4 recebeu três aplicações, aos 30, 37 e 45 DAE; e T5 recebeu quatro aplicações, aos 30, 37, 45 e 52 DAE, sendo adotado intervalo de sete dias entre as aplicações nos tratamentos T3, T4 e T5.

No tratamento químico de referência (T6), foi utilizado o inseticida Decis® 25 EC, à base de deltametrina (25 g L^{-1}), na dose de 200 mL ha^{-1} (0,2 L ha^{-1}), sendo realizada uma aplicação, aos 30 DAE. O produto foi aplicado utilizando-se o mesmo equipamento e volume de aplicação adotados para os tratamentos com o bioinseticida.

Na testemunha (T1), não foram utilizados inseticidas químicos ou biológicos. Aos 30 DAE, concomitantemente à primeira aplicação dos demais tratamentos, foi realizada somente uma pulverização com água, utilizando-se o mesmo volume de aplicação adotado nos demais tratamentos. Não foram realizadas novas pulverizações na testemunha nas datas subsequentes.

Para evitar contaminação cruzada entre os tratamentos, após cada aplicação o pulverizador foi submetido à tríplice lavagem antes do preparo e aplicação da calda correspondente ao tratamento seguinte.

3.7 Avaliação da produtividade

A colheita foi realizada por ocasião da maturação fisiológica dos grãos, considerando-se uma área útil de 2,5 m² em cada parcela. Após a colheita, os grãos provenientes de cada unidade experimental foram pesados, e a massa obtida foi utilizada para a determinação da produtividade de grãos. Os valores registrados em gramas na área útil de cada parcela foram convertidos para kg ha^{-1}. Considerando-se a área colhida de 2,5 m², a massa de grãos obtida em cada parcela foi multiplicada pelo fator 4, resultando na produtividade expressa em kg ha^{-1}.

3.8 Análise estatística

A parcela foi considerada a unidade experimental para as análises estatísticas, correspondendo a seis tratamentos e quatro blocos, totalizando 24 unidades experimentais. Para a avaliação dos danos foliares, as 16 plantas amostradas no interior de cada parcela foram consideradas subamostras.

Para a variável dano foliar causado por *Spodoptera frugiperda*, avaliada pela escala de Davis (0 a 9), registrou-se, em cada parcela, o número de plantas pertencentes a cada classe de dano, atribuindo-se nota zero às plantas sem sintomas. A partir da distribuição de frequências das 16 plantas avaliadas, foi calculada a nota média ponderada de dano de cada parcela, considerando-se a frequência de plantas em cada classe e sua respectiva nota na escala.

Considerando a natureza ordinal da escala de Davis e a estrutura em blocos do experimento, os tratamentos foram comparados pelo teste não paramétrico de Friedman, utilizando-se os quatro blocos como fator de bloqueamento. As análises foram realizadas separadamente para a avaliação inicial, aos 30 dias após a emergência (DAE), antes da aplicação dos tratamentos, e para a avaliação final, aos 55 DAE. Na ausência de significância do teste global de Friedman, não foram realizadas comparações múltiplas entre os tratamentos. As análises foram realizadas em ambiente Python, utilizando funções estatísticas da biblioteca SciPy (VIRTANEN et al., 2020).

Para a produtividade de grãos, os valores obtidos em cada parcela foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando-se o delineamento em blocos casualizados, com os efeitos de tratamentos e blocos. Foi estabelecido previamente que, em caso de efeito significativo dos tratamentos pelo teste F, as médias seriam comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise da produtividade foi realizada com auxílio do programa estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

Para todas as análises, adotou-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Danos foliares causados por *Spodoptera frugiperda*

Na avaliação inicial, realizada aos 30 dias após a emergência (DAE), antes da aplicação dos tratamentos, foram observados os primeiros danos foliares causados por *Spodoptera frugiperda*. A intensidade dos danos foi determinada por meio da escala de Davis (0–9), utilizada para quantificar visualmente as injúrias provocadas pela lagarta-do-cartucho nas folhas do milho. As notas médias ponderadas variaram de 0,31 a 0,67 entre os tratamentos (Tabela 2), não sendo detectada diferença significativa pelo teste de Friedman ($\chi^2 = 9,191$; $p = 0,1017$). Esse resultado demonstra que, no momento anterior às aplicações, as parcelas apresentavam condições semelhantes quanto à intensidade dos danos. Além disso, o fato de os primeiros sintomas terem sido detectados somente aos 30 DAE, associado às baixas notas registradas, evidencia que a ocorrência da praga foi tardia e de baixa intensidade no período inicial do experimento. A partir dessa constatação foram iniciadas as aplicações dos tratamentos, conforme as frequências e os intervalos estabelecidos para cada programa experimental.

Tabela 2. Tabela 2. Nota média ponderada de dano foliar causado por *Spodoptera frugiperda*, determinada pela escala de Davis (0–9), antes da aplicação dos tratamentos (30 DAE) e na avaliação final (55 DAE). Hidrolândia, GO, 2025.

Tratamento	Descrição	30 DAE	55 DAE
T1	Testemunha (água)	0,55	0,00
T2	Bt – duas aplicações, intervalo de 15 dias	0,58	0,06
T3	Bt – duas aplicações, intervalo de 7 dias	0,56	0,14
T4	Bt – três aplicações, intervalo de 7 dias	0,31	0,03
T5	Bt – quatro aplicações, intervalo de 7 dias	0,38	0,11
T6	Deltametrina	0,67	0,06

Nota: Valores correspondem às médias ponderadas das notas de dano obtidas nas 16 plantas avaliadas por parcela, segundo a escala de Davis (0–9). Não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos na avaliação inicial aos 30 DAE (Friedman: $\chi^2 = 9{,}191$; $p = 0{,}1017$) nem na avaliação final aos 55 DAE ($\chi^2 = 4{,}896$; $p = 0{,}4287$), considerando-se 5% de significância. Na ausência de significância do teste global, não foram realizadas comparações múltiplas entre os tratamentos.

A baixa intensidade de dano registrada aos 30 DAE, com médias inferiores a 1,0 na escala de Davis em todos os tratamentos, confirma a reduzida pressão de *S. frugiperda* no início do período de avaliação. A ocorrência e a intensidade de infestação da lagarta-do-cartucho em condições de campo podem variar em função de fatores ambientais, do estádio de desenvolvimento da cultura e da atuação de inimigos naturais. Lima Junior et al. (2012), ao avaliarem a infestação de *S. frugiperda* em milho sob condições de sequeiro e irrigado, verificaram variações na intensidade de ataque entre os sistemas de cultivo. No presente estudo, entretanto, esses fatores não foram avaliados separadamente e, portanto, não é possível atribuir a baixa infestação observada a uma causa específica.

Na avaliação final, realizada aos 55 DAE, as notas médias ponderadas de dano foram ainda menores que aquelas registradas na avaliação inicial, variando de 0,00 a 0,14. Entre os tratamentos com *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, as médias foram de 0,06 para T2, 0,14 para T3, 0,03 para T4 e 0,11 para T5, enquanto o tratamento químico com deltametrina (T6) apresentou média de 0,06 e a testemunha (T1), 0,00. Apesar dessas diferenças numéricas, o teste de Friedman não detectou diferenças significativas entre os tratamentos ($\chi^2 = 4{,}896$; $p = 0{,}4287$). Portanto, nas condições avaliadas, não foi possível estabelecer superioridade de nenhum programa de aplicação de Bt nem do tratamento químico quanto à redução dos danos foliares. Particularmente, a deltametrina não apresentou desempenho estatisticamente superior aos tratamentos com *B. thuringiensis*.

A ausência de diferenças estatísticas entre as diferentes frequências de aplicação de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* demonstra também que, sob a baixa pressão da praga observada no experimento, o aumento do número de pulverizações não resultou em redução adicional detectável dos danos foliares. Resultado semelhante foi observado por Loureiro et al. (2023), que, ao avaliarem diferentes números de pulverizações de inseticidas biológicos e sintético no manejo de *S. frugiperda*, verificaram que diferenças observadas após as primeiras aplicações deixaram de ocorrer nas avaliações subsequentes. No presente estudo, o aumento de duas para até quatro aplicações de

Bt, assim como a redução do intervalo de 15 para sete dias, não proporcionou diferenças estatisticamente detectáveis na intensidade final dos danos.

A ausência de superioridade do controle químico em relação aos tratamentos biológicos encontra respaldo em estudos que demonstram o potencial de agentes biológicos no manejo de *S. frugiperda*. Santos et al. (2018), ao compararem métodos químico e biológico para a supressão da lagarta-do-cartucho, incluindo uma formulação à base de *B. thuringiensis*, observaram desempenho promissor de ambas as estratégias na redução dos danos provocados pela praga. Os autores também verificaram variações na intensidade dos danos ao longo das avaliações, demonstrando que o desempenho dos métodos de controle deve ser interpretado em função do momento de avaliação e das condições de infestação presentes no campo.

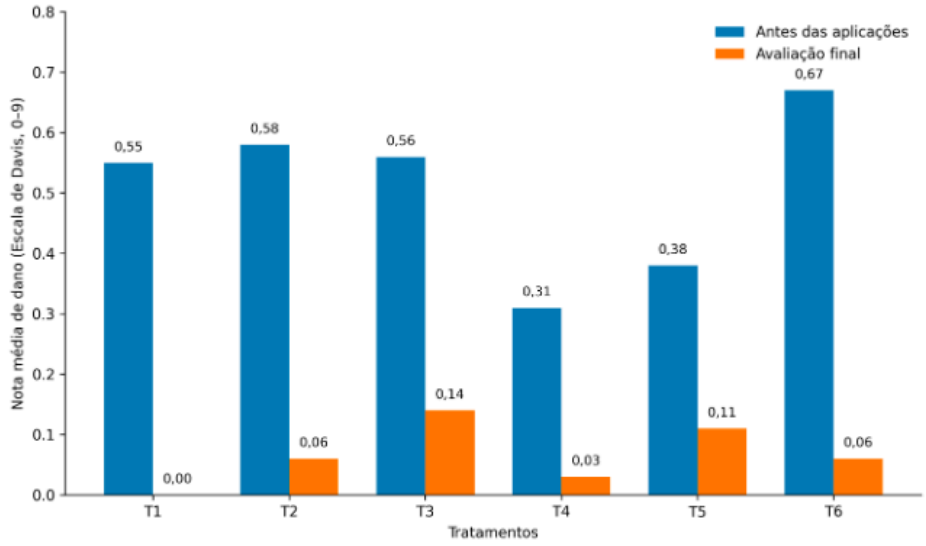
Além da frequência e do intervalo entre aplicações, outros fatores podem interferir no desempenho de bioinseticidas à base de Bt. Peterlini (2024) demonstrou que características físico-químicas da calda podem influenciar a deposição e o desempenho desses produtos. Dessa forma, a eficiência de *B. thuringiensis* não deve ser interpretada exclusivamente em função do número de aplicações, devendo-se considerar também a tecnologia de aplicação, o estádio de desenvolvimento das lagartas e a pressão populacional da praga. No presente experimento, especialmente, a baixa intensidade de infestação provavelmente reduziu a capacidade de discriminar diferenças entre os programas de aplicação avaliados.

O desempenho relativo entre estratégias químicas e biológicas pode, entretanto, variar conforme as condições experimentais. Adams et al. (2021), ao avaliarem diferentes métodos de controle de *S. frugiperda*, observaram maior produtividade com o controle químico em determinadas condições de cultivo de milho convencional, enquanto, em outras situações, as diferenças entre os métodos não se refletiram da mesma forma no desempenho da cultura. Esses resultados demonstram que a resposta das estratégias de manejo não é constante e depende, entre outros fatores, da pressão da praga, das características da cultura e das condições ambientais e experimentais. Assim, a semelhança estatística observada entre Bt e deltametrina no presente estudo deve ser interpretada especificamente dentro das condições em que o experimento foi conduzido.

A ausência de sintomas nas plantas amostradas da testemunha aos 55 DAE deve ser interpretada com cautela e não significa ausência de *S. frugiperda* durante todo o período experimental. Em cada época de avaliação foram selecionadas aleatoriamente 16 plantas por parcela, sem acompanhamento individual das mesmas plantas ao longo do tempo. Portanto, as plantas avaliadas aos 55 DAE não necessariamente correspondiam àquelas que apresentaram sintomas aos 30 DAE. Além disso, a redução generalizada das notas de dano em todos os

tratamentos é compatível com a baixa intensidade de infestação registrada durante o experimento. Esse comportamento da testemunha reforça a necessidade de cautela na atribuição da redução dos danos exclusivamente ao efeito dos tratamentos.

Figura 2. Nota média ponderada de dano foliar causado por *Spodoptera frugiperda*, segundo a escala de Davis (0–9), na avaliação inicial (30 DAE) e na avaliação final (55 DAE), em função dos tratamentos. Hidrolândia, GO, 2025.



Nota: Os valores apresentados possuem caráter descritivo. Não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Friedman, tanto antes das aplicações (p = 0,1017) quanto na avaliação final (p = 0,4287).

Considerando conjuntamente os resultados obtidos, destaca-se que o tratamento químico com deltametrina não apresentou superioridade estatística em relação aos diferentes programas de aplicação de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* para os danos foliares causados por *S. frugiperda*. Embora a baixa pressão de infestação registrada no experimento não permita afirmar equivalência definitiva entre as estratégias de controle, o desempenho estatisticamente semelhante observado entre os tratamentos biológicos e o químico evidencia o potencial do Bt como ferramenta a ser integrada aos programas de Manejo Integrado de Pragas. A utilização de bioinseticidas pode contribuir para a diversificação das estratégias de controle e reduzir a dependência exclusiva de inseticidas sintéticos. Além disso, a integração e a alternância de métodos de controle com diferentes modos de ação constituem estratégias importantes para reduzir a pressão de seleção exercida pelo uso repetitivo de inseticidas e contribuir para o manejo da resistência de *S. frugiperda*.

4.2 Produtividade de grãos

A produtividade média de grãos variou de 9.049 a 10.448 kg ha^{-1} entre os tratamentos (Tabela 3). Numericamente, a maior produtividade foi registrada em T5, correspondente a quatro aplicações de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* em intervalos de sete dias, com 10.448 kg ha^{-1}, seguida por T3, com 10.357 kg ha^{-1}, e T2, com 10.123 kg ha^{-1}, ambos também constituídos pelo bioinseticida. Os tratamentos T1, T4 e T6 apresentaram produtividades médias de 9.348, 9.115 e 9.049 kg ha^{-1}, respectivamente. Embora os maiores valores numéricos tenham sido observados em alguns tratamentos com Bt, essas diferenças devem ser interpretadas apenas de forma descritiva, uma vez que a significância dos efeitos dos tratamentos depende da análise estatística apresentada a seguir.

Tabela 3. Produtividade média do milho em função dos tratamentos.

Tratamento	Descrição	Produtividade (kg ha^{-1})
T1	Testemunha (água)	9.348
T2	Bt – duas aplicações, intervalo de 15 dias	10.123
T3	Bt – duas aplicações, intervalo de 7 dias	10.357
T4	Bt – três aplicações, intervalo de 7 dias	9.115
T5	Bt – quatro aplicações, intervalo de 7 dias	10.448
T6	Deltametrina	9.049

Nota: Não foi detectado efeito significativo dos tratamentos sobre a produtividade de grãos pela análise de variância (F = 0,434; p = 0,8177; CV = 19,95%), considerando-se 5% de significância. Em razão da ausência de efeito significativo pelo teste F, não foi realizada comparação de médias.
Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Apesar das diferenças numéricas observadas entre as médias de produtividade, a análise de variância não revelou efeito significativo dos tratamentos sobre a produtividade de grãos (F = 0,434; p = 0,8177), sendo registrado coeficiente de variação de 19,95%. Dessa forma, não foi realizada comparação de médias, uma vez que o efeito global dos tratamentos não foi significativo. Nas condições em que o experimento foi conduzido, portanto, as diferentes frequências e intervalos de aplicação de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, o tratamento químico com deltametrina e a testemunha apresentaram produtividades estatisticamente semelhantes. Particularmente na comparação entre as estratégias de controle, não foi detectada superioridade do tratamento químico em relação aos programas de aplicação do bioinseticida quanto à produtividade de grãos.

A ausência de diferenças na produtividade deve ser analisada em conjunto com a baixa intensidade de danos foliares registrada durante o experimento. A relação entre as injúrias causadas por *S. frugiperda* e a produtividade de grãos não é necessariamente linear, pois depende, entre outros fatores, da intensidade da infestação e do estádio fenológico da cultura no momento do

ataque. Em situações de elevada pressão populacional, entretanto, os danos provocados pela praga podem comprometer expressivamente o rendimento do milho. Figueiredo, Martins-Dias e Cruz (2006), ao avaliarem os efeitos de *S. frugiperda* sobre a cultura na ausência da atuação eficiente de agentes naturais de controle, registraram reduções de 47,27% na produção de matéria seca e de 54,49% no rendimento de grãos, evidenciando o potencial de perda da praga quando sua população não é adequadamente regulada.

Por outro lado, quando a intensidade dos danos permanece baixa, como observado no presente experimento, seus efeitos sobre a produtividade podem ser menos evidentes. Farinelli e Fornasieri Filho (2006), ao avaliarem danos de *S. frugiperda* em cultivares de milho na presença e na ausência de controle químico, verificaram redução dos sintomas foliares com a utilização de inseticida, mas demonstraram que o desempenho agronômico também depende de fatores relacionados ao material genético e às condições de cultivo. De forma semelhante, Adams et al. (2021) observaram que diferenças na eficiência dos métodos de controle nem sempre se refletiram proporcionalmente nas variáveis produtivas. Esses resultados auxiliam na interpretação do presente estudo, no qual a baixa intensidade de danos pode ter contribuído para que possíveis diferenças entre as estratégias de manejo não se refletissem de forma estatisticamente detectável na produtividade de grãos.

Resultado semelhante quanto à ausência de correspondência direta entre a intensidade de injúria e o desempenho das plantas foi relatado por Garavazo et al. (2020). Embora os autores tenham utilizado baculovírus como agente de controle biológico, e não *B. thuringiensis*, o estudo também avaliou *S. frugiperda* em milho por meio da escala de Davis e comparou programas de controle biológico com tratamento químico. Os tratamentos biológicos e químico apresentaram respostas semelhantes para matéria seca, apesar das diferenças observadas nas notas de dano foliar. Esses resultados reforçam que diferenças na intensidade das injúrias nem sempre se traduzem proporcionalmente em alterações no crescimento ou no rendimento da cultura e demonstram a importância de avaliar conjuntamente variáveis fitossanitárias e produtivas na comparação entre estratégias de manejo.

Garavazo et al. (2020) também apresentam uma contribuição relevante para a interpretação do número de aplicações dos agentes biológicos. Os autores compararam uma aplicação concentrada do agente de controle com um programa parcelado e verificaram que o aumento do número de aplicações não implicou necessariamente melhor resposta para todas as variáveis avaliadas. Embora o estudo tenha empregado outro agente entomopatogênico e tenha sido realizado sob condições experimentais distintas, esse resultado reforça que a frequência de aplicação, isoladamente, não determina o desempenho de uma estratégia de controle. No presente experimento, de forma semelhante, o aumento de duas para até quatro aplicações de Bt não resultou em incremento

estatisticamente detectável da produtividade.

No presente trabalho, apesar da amplitude numérica observada entre as médias de produtividade, de 9.049 a 10.448 kg ha^{-1}, não foi detectada diferença estatística entre os tratamentos. A baixa intensidade de dano foliar registrada em todas as parcelas, inclusive na testemunha, indica que a perda de área foliar provavelmente não atingiu intensidade suficiente para comprometer de forma detectável o rendimento de grãos. Portanto, a ausência de diferença significativa não permite afirmar equivalência absoluta entre as estratégias de controle, especialmente considerando a baixa pressão da praga; entretanto, demonstra que, nas condições avaliadas, não houve evidência estatística de vantagem produtiva do tratamento químico sobre os tratamentos com *B. thuringiensis*.

Considerando conjuntamente os resultados de produtividade e de danos foliares, observa-se que os diferentes programas de aplicação de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* apresentaram desempenho estatisticamente semelhante ao tratamento químico com deltametrina nas condições deste estudo. O inseticida químico não proporcionou redução significativamente superior dos danos foliares e também não resultou em maior produtividade de grãos em relação aos tratamentos biológicos. Embora a baixa pressão de *S. frugiperda* limite conclusões definitivas sobre a equivalência entre as estratégias, esses resultados reforçam o potencial de bioinseticidas à base de Bt como componentes de programas de Manejo Integrado de Pragas. A possibilidade de integrar o controle biológico às demais estratégias disponíveis permite diversificar os métodos de manejo e reduzir a dependência exclusiva de inseticidas sintéticos, aspecto particularmente relevante para diminuir a pressão de seleção decorrente do uso repetitivo de produtos químicos e contribuir para o manejo da resistência de *S. frugiperda.*

5. CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, as diferentes frequências e intervalos de aplicação de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* não promoveram diferenças estatisticamente significativas nos danos foliares causados por *Spodoptera frugiperda* nem na produtividade de grãos do milho. O aumento de duas para até quatro aplicações do bioinseticida, bem como a redução do intervalo entre as pulverizações de 15 para sete dias, não resultou em benefícios estatisticamente detectáveis para as variáveis avaliadas. Esses resultados devem ser interpretados considerando a baixa intensidade de infestação registrada durante o período experimental, condição que provavelmente limitou a capacidade de discriminação entre os diferentes programas de aplicação.

Na comparação entre as estratégias biológica e química, o tratamento com deltametrina não

apresentou superioridade estatística em relação aos programas de aplicação de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*. Esse comportamento foi observado tanto para os danos foliares quanto para a produtividade de grãos, indicando que, nas condições avaliadas, os tratamentos com o bioinseticida apresentaram desempenho estatisticamente semelhante ao tratamento químico. Embora a ausência de diferença significativa não permita afirmar equivalência absoluta entre os métodos de controle, os resultados demonstram que não houve evidência de vantagem do inseticida químico sobre os tratamentos biológicos neste experimento.

Nesse contexto, os resultados reforçam o potencial de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* como ferramenta a ser integrada aos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) de *S. frugiperda*. A utilização do bioinseticida como parte de uma estratégia integrada pode ampliar as opções disponíveis para o manejo da lagarta-do-cartucho e contribuir para reduzir a dependência exclusiva de inseticidas sintéticos. Além disso, a diversificação e a alternância de métodos de controle constituem estratégias importantes para reduzir a pressão de seleção associada ao uso repetitivo de inseticidas químicos e contribuir para o manejo da resistência de *S. frugiperda*, aspecto relevante diante dos registros de resistência dessa espécie a diferentes ferramentas de controle discutidos ao longo deste trabalho.

Por fim, considerando que a pressão de *S. frugiperda* foi baixa durante o período experimental, recomenda-se que novos estudos sejam conduzidos sob condições de maior infestação da praga e em diferentes épocas e condições ambientais e de cultivo. Esses estudos poderão permitir uma comparação mais precisa entre os programas de aplicação de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* e o controle químico, bem como auxiliar na definição de frequências e intervalos de aplicação mais adequados para a inserção do bioinseticida em programas de MIP.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, S. M.; KLEIN, J. L.; VIANA, A. F. P.; MARTINI, P. M.; RODRIGUES, L. da S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L. Lagarta-do-cartucho na produção de milho: avaliação de métodos de controle. *Agrarian*, Dourados, v. 14, n. 51, p. 9-17, 2021. DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v14i51.8408. Acesso em: 23 ago. 2026.

BACH, G. B.; SAMPAIO, R. M. Demandas tecnológicas: os bioinsumos para controle biológico no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 2022.

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 27 maio 2020.

BRASIL. Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024. Dispõe sobre a produção, a importação, a exportação, o registro, a comercialização, o uso, a inspeção, a fiscalização, a pesquisa, a experimentação, a embalagem, a rotulagem, a propaganda, o transporte, o armazenamento, as taxas, a prestação de serviços, a destinação de resíduos e embalagens e os incentivos à produção de bioinsumos para uso agrícola, pecuário, aquícola e florestal. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 24 dez. 2024.

CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY (CFIA). *A biologia de Zea mays L. (milho)*. Disponível em: https://inspection.canada.ca/en/plant-varieties/plants-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/zea-mays-maize. Acesso em: 29 nov. 2025.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25, 12º levantamento*. Brasília, DF: Conab, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25. Acesso em: 2 set. 2026.

CRESPO, Aline Marchiori et al. Manejo da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*): panorama geral das atualizações no controle alternativo. *Boletim Técnico*, n. 6. Alegre: Instituto Federal do Espírito Santo, 2021. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/4192/1/Boletim-Tecnico-N6.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C. *Manejo de pragas na cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Milho*. Brasília, DF: Embrapa, 2022.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Pragas de grãos armazenados*. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

EMBRAPA. *Pragas e doenças – milho*. Portal Ageitec. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas. Acesso em: 29 nov. 2025.

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D. Avaliação de dano de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de milho. *Científica*, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 197-202, 2006. DOI: https://doi.org/10.15361/1984-5529.2006v34n2p197-202. Acesso em: 23 ago. 2026.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relationship between fall armyworm and their natural biological control agents in the maize crop. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 12, p. 1693-1698, 2006. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2006.v41.7334.

FONTES, Eliana Maria Gouveia; VALADARES-INGLIS, Maria Cléria (org.). *Controle biológico de pragas da agricultura*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Embrapa, 2020. Disponível em: https://dspace.unisa.br/server/api/core/bitstreams/a6110151-2177-4a01-96f1-33cfa80ee7c1/content. Acesso em: 20 nov. 2025.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Milho – Agro em Dados: março de 2026*. Goiânia: SEAPA, 2026. Disponível em: https://goias.gov.br/agricultura/milho-agro-em-dados-marco-2026/. Acesso em: 2 set. 2026.

KAISER, I. S.; KANNO, R. H.; BOLZAN, A.; AMARAL, F. S. de A. e; LIRA, E. C.; GUIDOLIN, A. S.; OMOTO, C. Baseline response, monitoring, and cross-resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to sodium channel blocker insecticides in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, v. 114, n. 2, p. 903-913, 2021. DOI: 10.1093/jee/toab011.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, v. 43, p. 243-270, 1998.

LIMA JUNIOR, I. dos S. de; DEGRANDE, P. E.; MELO, E. P. de; BERTONCELLO, T. F.; SUEKANE, R. Infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e seus inimigos naturais em milho nas condições de sequeiro e irrigado. *Agrarian*, Dourados, v. 5, n. 15, p. 14-19, 2012. DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v5i15.769. Acesso em: 23 ago. 2026.

LOUREIRO, E. de S.; AMARAL, F. A. do; DIAS, P. M.; PESSOA, L. G. A.; GREGORI, G. S. de; MACHADO, A. C.; RODRIGUES, A. S.; CÂNDIDO, G. S. Manejo de *Spodoptera frugiperda* com diferentes números de pulverizações de inseticidas biológicos e sintético. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 16, n. 9, p. 14355-14373, 2023. DOI: https://doi.org/10.55905/revconv.16n.9-030. Acesso em: 23 ago. 2026.

MACHADO, E. P.; RODRIGUES JUNIOR, G. L. dos S.; FÜHR, F. M.; ZAGO, S. L.; MARQUES, L. H.; SANTOS, A. C.; NOWATZKI, T.; DAHMER, M. L.; OMOTO, C.; BERNARDI, O. Cross-crop resistance of *Spodoptera frugiperda* selected on Bt maize to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins in Brazil. *Scientific Reports*, v. 10, 10080, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-67339-1.

MENDES, S. M. et al. *Bioecologia e injúrias de Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milheto. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 102. Embrapa, dez. 2014.

MONNERAT, R. G.; BRAVO, A. Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*: modo de ação e resistência. In: ALVES, S. B. (org.). *Controle microbiano de insetos*. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 163-200.

MONNERAT, R. G.; MARTINS, E.; MACEDO, C.; QUEIROZ, P.; PRAÇA, L.; SOARES, C. M.; MOREIRA, H.; GRISI, I.; SILVA, J.; SOBERÓN, M.; BRAVO, A. Evidence of field-evolved resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt corn expressing Cry1F in Brazil that is still sensitive to modified Bt toxins. *PLoS ONE*, v. 10, n. 4, p. 1-12, 2015.

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; SOUSA-SILVA, J. C.; PAULA-MORAES, S. V.; PETERSON, J. A.; HUNT, T. E. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, v. 26, n. 2, p. 286-300, 2018. DOI: 10.4001/003.026.0286.

OMOTO, C. et al. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil.

Pest Management Science, v. 72, n. 9, p. 1727-1736, 2016. DOI: 10.1002/ps.4201.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. *Scientia Agricola*, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

PETERLINI, Edimar. *Influência de adjuvantes na calda de bioinseticidas Bt e na mortalidade de Spodoptera frugiperda*. 2024. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2024. Disponível em: https://hdl.handle.net/11449/255366. Acesso em: 18 nov. 2025.

POLANCZYK, R. A.; ALVES, S. B. *Bacillus thuringiensis*: uma breve revisão. *Agrociência*, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2003.

ROCHA, Dannilo Vono Moura da. *Desempenho agronômico e fitossanitário do milho em resposta ao uso de bioinsumos*. 2024. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2024.

ROSA, A. P. S. A. da; BARCELOS, H. T. *Bioecologia e controle de Spodoptera frugiperda em milho*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. (Documentos, 344).

SANTOS, J. R. dos; MAIA, A. G. de F.; COSTA, A. F. da; GODOY, M. S. de; SILVA, R. I. R. Eficiência de métodos de controle na supressão da *Spodoptera frugiperda* (Smith) na cultura do milho. *Revista Inova Ciência & Tecnologia*, Uberaba, v. 4, n. 1, p. 7-13, 2018.

SANTOS, João Pedro dos; OLIVEIRA, Ana Laura Paula de; PUTTI, Fernando Ferrari. Bioinsumos na agricultura: panorama tecnológico das patentes biológicas. *Revista de Gestão e Secretariado – GeSec*, v. 15, n. 9, p. 1-18, 2024a.

SANTOS, João Pedro dos; OLIVEIRA, Ana Laura Paula de; PUTTI, Fernando Ferrari. Resposta da cultura do milho à aplicação de bioinsumos por tratamento de sementes e pulverização. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Curitiba, v. 22, n. 7, p. 1-20, 2024b.

SCHÜNEMANN, R.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Mode of action and specificity of *Bacillus thuringiensis* toxins in the control of caterpillars and stink bugs in soybean culture. *International Scholarly Research Notices*, v. 2014, p. 1-12, 2014. DOI: 10.1155/2014/135675.

SILVA, Alasse Oliveira da. Lagarta-do-cartucho no milho (*Spodoptera frugiperda*): ecologia e estratégias de controle. *Blog Agroadvance*, 1 nov. 2023. Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-lagarta-do-cartucho-spodoptera-frugiperda/. Acesso em: 1 dez. 2025.

SPARKS, T. C.; NAUEN, R. IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 121, p. 122-128, 2015.

TAMEZ-GUERRA, P. et al. Assessment of microencapsulated formulations for improved residual activity of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Economic Entomology*, v. 93, n. 2, p. 219-225, 2000.

WORDELL FILHO, João Américo; RIBEIRO, Leandro do Prado; CHIARADIA, Luis Antônio; MADALÓZ, José Carlos; NESI, Cristiano Nunes. *Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo*. Florianópolis: Epagri, 2016. (Boletim Técnico, n. 170).

YANG, F.; WANG, Z.; KERNS, D. L. Resistance of *Spodoptera frugiperda* to Cry1, Cry2, and Vip3Aa proteins in Bt corn and cotton in the Americas: implications for the rest of the world. *Journal of Economic Entomology*, v. 115, n. 6, p. 1752-1760, 2022. DOI: 10.1093/jee/toac099.

YU, S. J. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 39, n. 1, p. 84-91, **199?**.