

**UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UniEVANGÉLICA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**INSETICIDA QUÍMICO E BIOLÓGICO NO CONTROLE DE  
LAGARTA-DO-CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO DOCE**

**Maria Eduarda Coloca Inácio  
Sérgio Sanches de Melo Júnior**

**ANÁPOLIS-GO  
2025**

**MARIA EDUARDA COLOCA INÁCIO  
SÉRGIO SANCHES DE MELO JÚNIOR**

**INSETICIDA QUÍMICO E BIOLÓGICO NO CONTROLE DE  
LAGARTA-DO-CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO DOCE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Evangélica de Goiás -  
UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia.

**Área de concentração:** Entomologia  
**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Klênia Rodrigues  
Pacheco Sá.

**ANÁPOLIS-GO  
2025**

Inácio, Maria Eduarda Coloca / Melo Júnior, Sérgio Sanches

Inseticida químico e biológico no controle de lagarta-do-cartucho na cultura do milho doce / Maria Eduarda Inácio / Sérgio Sanches Melo Júnio. – Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, 2025.

29 p.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Klênia Rodrigues Pacheco Sá

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, 2025.

1. *Zea mays saccharata*.
2. *Spodoptera frugiperda*
3. Controle de pragas I. Maria Eduarda Coloca Inácio e Sérgio Sanches de Melo Júnior. II. Inseticida químico e biológico no controle lagarta-do-cartucho na cultura do milho doce.

CDU 504

**MARIA EDUARDA COLOCA INÁCIO  
SÉRGIO SANCHES DE MELO JÚNIOR**

**INSETICIDA QUÍMICO E BIOLÓGICO NO CONTROLE DE LAGARTA-DO-CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO DOCE**

Monografia apresentada à Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

**Área de concentração:** Entomologia

Aprovada em: 24/11/2025

Banca examinadora



Profª. Drª. Klênia Rodrigues Pacheco Sá  
UniEvangélica  
Presidente



Prof. Dr. Rodolff Augusto Regetz Herold Altisonante Borba Assumpção  
UniEvangélica



Profª. M. Sc. Lana Xavier Pires  
UniEvangélica

Dedicamos esse trabalho aos nossos pais, familiares e amigos que estiveram conosco durante essa trajetória!

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos de Maria Eduarda Coloca Inácio

A Deus, por me conceder saúde, força e perseverança durante toda esta jornada acadêmica.

Aos meus pais e familiares, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Klênia Rodrigues Pacheco Sá, pela paciência, dedicação e orientação essencial para a realização deste trabalho.

Aos professores e colegas do curso de Agronomia, pela amizade e pela troca de conhecimentos ao longo da graduação.

Ao meu colega de trabalho e namorado, Sérgio Sanches de Melo Júnior, pelo companheirismo, dedicação e incentivo fundamentais na construção deste TCC.

À Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, pela oportunidade de aprendizado e crescimento pessoal e profissional.

Agradecimentos de Sérgio Sanches de Melo Júnior

A Deus, pela sabedoria e força concedidas ao longo desta caminhada.

Aos meus pais e familiares, por todo o apoio, compreensão e incentivo durante a graduação.

À minha orientadora, Profa. Dra. Klênia Rodrigues Pacheco Sá, pela atenção, paciência e orientação que foram indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas de curso, pela parceria e pela convivência enriquecedora.

À minha colega de trabalho e namorada, Maria Eduarda Coloca Inácio, pelo comprometimento, incentivo e companheirismo essenciais para a realização desta etapa tão importante.

À Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, pela oportunidade de crescimento acadêmico e profissional.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeiteiros do mundo”.

Walter Savage Landor.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
2.1. CULTURA DO MILHO DOCE .....	12
2.2. LAGARTA-DO-CARTUCHO.....	13
2.3. CONTROLE QUÍMICO .....	14
2.4. CONTROLE BIOLÓGICO .....	15
2.4.1 <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>

## RESUMO

O milho doce (*Zea mays saccharata*) é uma cultura de relevância econômica e alimentar, amplamente utilizada pela indústria de alimentos devido ao seu elevado teor de açúcares. Entre os principais fatores que afetam sua produtividade está a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), praga de grande importância agrícola. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia do controle químico e biológico da lagarta do cartucho na cultura do milho doce. O experimento foi conduzido na Fazenda Água Fria, em Anápolis-GO. Utilizou-se a variedade de milho doce GSS2576, suscetível à *S. frugiperda*, cultivada em espaçamento de 0,70 m entre linhas e população de 71.428 plantas  $ha^{-1}$ . O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições: (T1) testemunha sem aplicação; (T2) Clorantraniliprole; (T3) *Bacillus thuringiensis*; (T4) Clorantraniliprole + *B. thuringiensis*; (T5) Clorantraniliprole em duas dose; e (T6) *B. thuringiensis* em duas dose. As aplicações foram realizadas com 35 dias após a emergência (DAE). As avaliações do nível de infestação e dos danos foliares foram realizadas com base na Escala de Davis (0–9), em 10 plantas por parcela, antes e seis dias após aplicação. Na primeira avaliação não houve diferença significativa entre os tratamentos, enquanto na segunda, o T5 apresentou o melhor controle da praga, seguido de T2, T4 e T6. O controle químico proporcionou maior eficácia imediata, e o biológico, isolado ou associado, mostrou potencial sustentável de uso. Conclui-se que o Clorantraniliprole, isolado ou combinado com *B. thuringiensis*, foi eficiente no controle da lagarta-do-cartucho. A integração de métodos químicos e biológicos representa alternativa sustentável para o manejo de *S. frugiperda* no milho doce.

**Palavras-chave:** *Zea mays saccharata*, *Spodoptera frugiperda*, Controle de pragas.

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho doce (*Zea mays saccharata*) possui grande relevância econômica e nutricional, sendo amplamente cultivada devido à sua alta demanda no mercado alimentício. Este tipo de milho se diferencia do milho comum pelo seu teor elevado de açúcares, conferindo-lhe um sabor adocicado e tornando-o um ingrediente versátil para diversas aplicações culinárias e industriais (EMBRAPA, 2023).

A produtividade mundial de milho doce varia conforme as condições climáticas, o manejo adotado e a incidência de pragas e doenças. Os Estados Unidos destacam-se como um dos maiores produtores, com produtividade média superior a 10 toneladas por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ), especialmente em Estados como Flórida, Califórnia e Washington. Outros países também possuem relevância na produção de milho doce, embora os dados globais sejam limitados devido à dificuldade de separação estatística entre milho doce e milho verde convencional (EMBRAPA, 2023).

A indústria alimentícia tem grande demanda por milho doce, utilizado em conserva, congelado, em pratos prontos e na produção de snacks e produtos processados. No Brasil, seu consumo é amplamente difundido em saladas, pratos gourmet e acompanhamentos, sendo também um ingrediente essencial em receitas internacionais (NEGRINI, 2019). Diferentemente do milho comum, o milho doce é colhido ainda na espiga, antes da maturação completa dos grãos, garantindo sua textura macia e sabor adocicado. Apesar de sua importância no mercado interno, o Brasil não se destaca na exportação desse produto, uma vez que outros países já possuem uma grande produção própria de milho doce (FERREIRA, 2023).

Além de sua fenologia diferenciada, o milho doce apresenta características fisiológicas específicas, como menor teor de amido nos grãos, maior concentração de açúcares solúveis e maior susceptibilidade ao estresse hídrico devido à sua genética modificada (mutação recessiva *sh2*, *su1* e *se*), que afeta a deposição de carboidratos nos grãos e a absorção de água (TRACY, 2001). Essas características tornam seu cultivo mais exigente em termos de manejo, necessitando de práticas adequadas de irrigação e controle fitossanitário (SIDAHMED, 2025).

Entretanto, sua produtividade pode ser severamente afetada pela presença de pragas, sendo a lagarta-do-cartucho uma das principais ameaças. Esse inseto tem potencial destrutivo significativo, atacando diversas fases do desenvolvimento da planta e reduzindo consideravelmente sua produção (ALMEIDA, 2023).

Diante desse problema, o controle da lagarta-do-cartucho tem sido realizado predominantemente por meio do uso de inseticidas químicos, que apresentam alta eficácia imediata no combate à praga. No entanto, o uso excessivo desses produtos pode ocasionar resistência da praga, impactos ambientais negativos e riscos à saúde humana. Como alternativa, métodos de controle biológico têm ganhado destaque, utilizando organismos como bactérias, fungos e vírus entomopatogênicos para reduzir a população da praga de forma sustentável (EMBRAPA, 2023; ALMEIDA, 2023).

Dentre os desafios fitossanitários, a lagarta-do-cartucho destaca-se como uma das principais pragas da cultura, exigindo estratégias eficazes para seu controle. Os inseticidas químicos disponíveis pertencem a diferentes grupos químicos, como os organofosforados, piretróides, neonicotinoides e diamidas, cada um com diferentes mecanismos de ação. Embora eficientes no controle imediato da praga, o uso contínuo pode levar à seleção de populações resistentes, além de impactos ambientais e toxicológicos (SPARKS; NAUEN, 2015).

Como alternativa sustentável, o controle biológico tem sido amplamente estudado, destacando-se o uso do *Bacillus thuringiensis* uma bactéria entomopatogênica que produz toxinas específicas (proteínas Cry e Vip), letais para a lagarta-do-cartucho. Essas toxinas atuam no sistema digestivo do inseto, causando paralisação e morte sem afetar organismos não-alvo, tornando o *Bt* uma ferramenta promissora para o manejo integrado de pragas (BRAVO, 2017).

Estudos recentes demonstram que o uso de *B. thuringiensis* apresenta alta eficiência no controle de *Spodoptera frugiperda* sendo capaz de reduzir significativamente a população da praga sem afetar organismos não-alvo. Além disso, a combinação do *Bt* com o controle químico mostrou resultados ainda mais eficazes, evidenciando que o manejo integrado de pragas, ao unir estratégias biológicas e químicas, pode otimizar o controle da lagarta e reduzir a dependência de pesticidas convencionais (EMBRAPA, 2023; SOUSA, 2021).

Diante disso, o objetivo desse trabalho é verificar a eficácia do inseticida químico e biológico na mortalidade de *Spodoptera frugiperda* na cultura milho doce.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. CULTURA DO MILHO DOCE

O milho doce (*Zea mays saccharata*) é uma variedade do milho comum (*Zea mays*), caracterizado pelo alto teor de açúcares solúveis em seus grãos, o que confere o sabor adocicado que o diferencia das demais cultivares de milho (EMBRAPA, 2023). Sua importância econômica tem crescido devido à crescente demanda no setor alimentício, sendo amplamente utilizado na indústria de conservas, produtos congelados, pratos prontos e snacks processados (NEGRINI, 2019). No Brasil, a produção de milho doce tem se expandido significativamente, com um aumento da área plantada nos últimos anos, embora ainda represente uma fração menor em comparação ao milho comum. Em 2023, a produção nacional de milho doce foi estimada em 300 mil t enquanto a produção do milho convencional superou 25 milhões t (CONAB, 2023).

Diferentemente do milho comum, o milho doce possui mutações genéticas recessivas (sh2, su1 e se) que afetam a conversão de açúcares em amido, tornando seus grãos mais doces e menos farináceos (TRACY, 2001). Essas características exigem um manejo diferenciado, pois os grãos são mais suscetíveis à desidratação e deterioração após a colheita, necessitando de cuidados específicos no transporte e armazenamento (RITCHIE, 1993).

O ciclo fenológico do milho doce segue o padrão do milho comum, sendo dividido em estágios vegetativos (V) e reprodutivos (R). O desenvolvimento inicial compreende a emergência da plântula (VE) e o crescimento das folhas (V1-Vn), seguido pela formação da inflorescência masculina (VT) e da inflorescência feminina, que resultará na espiga (R1). A colheita ocorre no estágio leitoso (R3), quando os grãos apresentam elevada umidade e máximo teor de açúcares, garantindo a textura macia e o sabor característico do milho doce (NEGRINI, 2019). Nesse estágio, o milho doce ainda contém cerca de 70% de umidade em seus grãos, o que exige cuidados na pós-colheita para evitar a perda de qualidade (EMBRAPA, 2022).

O cultivo do milho doce demanda solos bem drenados, ricos em matéria orgânica e com pH entre 5,5 e 6,8 para um melhor desenvolvimento das plantas (EMBRAPA, 2023). A cultura responde bem à irrigação suplementar, principalmente em regiões de clima quente e seco, pois sua genética o torna mais suscetível ao estresse hídrico quando comparado ao milho grão (TRACY, 2001). A produtividade do milho doce pode chegar acima de 12 toneladas por hectare, dependendo das condições climáticas e de manejo, enquanto o milho comum pode alcançar de 8 a 12 t ha<sup>-1</sup>, dependendo das práticas adotadas (EMBRAPA, 2022).

No Brasil, o milho doce tem sido cada vez mais valorizado devido à sua versatilidade culinária e crescente demanda por alimentos saudáveis e minimamente processados. No entanto, sua produção ainda é limitada quando comparada à do milho comum, devido aos desafios fitossanitários, exigências específicas de cultivo e menor tempo de conservação pós-colheita (FINGER, 2023; GAVA, 2021; CONAB, 2024)

## 2.2. LAGARTA-DO-CARTUCHO (*Spodoptera frugiperda*)

A *S. frugiperda* é uma das principais pragas que afeta as culturas de milho incluindo o milho doce, no Brasil e em outros países produtores de milho. É uma praga polífaga, ou seja, ataca uma ampla variedade de plantas, sendo especialmente prejudicial a culturas como milho, soja, arroz e sorgo (ALMEIDA, 2023).

O ciclo de vida da lagarta inclui os estágios de ovo, larva, pupa e adulto. A fêmea adulta deposita seus ovos principalmente na parte inferior das folhas das plantas hospedeiras, onde as larvas ecodem e começam a se alimentar dos tecidos vegetais. As larvas jovens, inicialmente, causam danos nas folhas, enquanto as mais velhas consomem cartuchos e espigas, comprometendo a produtividade das culturas (FERREIRA, 2023). O desenvolvimento das larvas pode ser acelerado em condições climáticas favoráveis, o que aumenta a gravidade do ataque e os danos causados à planta (DU PLESSIS, 2020).

Os danos provocados pela *S. frugiperda* no milho doce são significativos, pois as larvas destroem as folhas, cartuchos e espigas da planta, prejudicando tanto o desenvolvimento vegetativo quanto a qualidade do grão. Este ataque pode reduzir o potencial de produção, afetando tanto a quantidade quanto a qualidade da colheita (ALMEIDA, 2023). Quando o ataque ocorre em fases iniciais do desenvolvimento, as plantas podem até mesmo ser levadas à morte (EMBRAPA, 2022).

Além de causar danos diretos, ela também é responsável pela disseminação de doenças fúngicas e bacterianas, uma vez que as feridas causadas pela alimentação da larva criam portas de entrada para patógenos (NEGRINI, 2019). A lagarta tem demonstrado alta capacidade de adaptação e resistência a diversos métodos de controle, tornando seu manejo um desafio para os agricultores. A seleção natural das populações da praga por meio do uso contínuo de inseticidas químicos é uma preocupação crescente, uma vez que a resistência genética à maioria dos produtos comerciais já foi observada (SPARKS; NAUEN, 2015).

Por conta de sua alta capacidade reprodutiva e ampla distribuição, a *S. frugiperda* é considerada uma das pragas mais problemáticas no controle de culturas de milho, incluindo o milho doce, exigindo estratégias de manejo integradas que combinem medidas preventivas, biológicas e químicas para um controle eficaz e sustentável (BRAVO, 2017).

### 2.3. CONTROLE QUÍMICO

O controle químico da *S. frugiperda* tem sido a principal estratégia adotada para o manejo dessa praga nas culturas de milho, incluindo o milho doce. A utilização de inseticidas tem sido eficaz para reduzir rapidamente as populações da praga, especialmente nas fases iniciais do ataque (FERREIRA, 2023). No entanto, o uso excessivo e repetido de produtos químicos tem gerado preocupações sobre a resistência da praga, impactos ambientais negativos e efeitos adversos à saúde humana (SPARKS; NAUEN, 2015).

Os inseticidas usados no controle da *S. frugiperda* pertencem a diferentes grupos químicos. Os mais comuns são os organofosforados, piretróides, neonicotinoides e diamidas. Os organofosforados inibem a acetilcolinesterase, enzima responsável pela decomposição do neurotransmissor acetilcolina, o que resulta em uma transmissão contínua dos impulsos nervosos e, consequentemente, a morte da praga (ALMEIDA, 2023).

Os piretróides atuam no sistema nervoso dos insetos, prolongando a abertura dos canais de sódio e causando uma despolarização prolongada das membranas celulares, resultando em paralisia e morte do inseto (TRACY, 2001). Os neonicotinoides agem no sistema nervoso da praga, ligando-se aos receptores nicotínicos da acetilcolina e causando a transmissão contínua dos impulsos nervosos, o que leva à morte do inseto por paralisia (SPARKS; NAUEN, 2015). As diamidas interferem na função muscular do inseto, bloqueando os canais de cálcio e prejudicando a contração muscular, resultando na morte do inseto (BRAVO, 2017).

Embora os inseticidas químicos proporcionem controle rápido e eficaz, o uso prolongado desses produtos tem levado à resistência da lagarta, o que diminui a eficácia das aplicações e aumenta a necessidade de doses mais altas (SPARKS; NAUEN, 2015). A resistência genética da praga aos inseticidas é um processo natural que ocorre devido à seleção de indivíduos que possuem mutações favoráveis à sua sobrevivência quando expostos aos produtos químicos. Esse fenômeno tem sido amplificado pela prática do uso contínuo e inadequado de inseticidas. Além disso, o uso indiscriminado de produtos químicos causa danos

ao meio ambiente, contaminando solos, águas e afetando organismos não-alvo, como insetos benéficos, aves e mamíferos (FERREIRA, 2023).

Portanto, a dependência do controle químico para o manejo da *S. frugiperda* tem gerado a necessidade de novas abordagens, como o MIP, que busca equilibrar o uso de inseticidas com outras estratégias, como o controle biológico, práticas culturais e o uso de cultivares resistentes (ALMEIDA, 2023; NEGRINI, 2019). O controle químico da lagarta-do-cartucho tem sido a principal estratégia adotada para o manejo dessa praga nas culturas de milho, incluindo o milho doce. A utilização de inseticidas tem sido eficaz para reduzir rapidamente as populações da praga, especialmente nas fases iniciais do ataque (FERREIRA, 2023). No entanto, o uso excessivo e repetido de produtos químicos tem gerado preocupações sobre a resistência da praga, impactos ambientais negativos e efeitos adversos à saúde humana (SPARKS; NAUEN, 2015).

#### 2.4. CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico é uma alternativa sustentável ao controle químico no manejo da lagarta, especialmente considerando os problemas associados à resistência da praga e aos impactos ambientais do uso indiscriminado de inseticidas. Essa estratégia envolve o uso de organismos vivos, como predadores, parasitoides, fungos, vírus e bactérias entomopatogênicas, para reduzir ou controlar as populações da praga de forma natural e ecológica (BRAVO, 2017).

Entre os agentes de controle biológico mais estudados para o manejo da *S. frugiperda*, destacam-se as bactérias entomopatogênicas, especialmente o Bt, que têm mostrado grande eficácia no controle da praga, sendo uma das alternativas mais promissoras para o controle biológico. O *B. thuringiensis* é uma bactéria do solo que produz proteínas cristalinas, conhecidas como proteínas Cry e Vip, que são tóxicas para várias espécies de insetos, incluindo a *S. frugiperda*. Essas proteínas se ativam no sistema digestivo do inseto, ligando-se a receptores específicos no intestino, o que causa danos à célula intestinal e, eventualmente, leva à morte do inseto por paralisia (BRAVO, 2017). O uso do Bt tem vantagens significativas, pois ele é específico para a praga alvo e não causa danos a organismos não-alvo, como predadores benéficos, abelhas e outros insetos úteis (LIBARDONI, 2021).

A aplicação de Bt pode ser realizada de várias formas, como o uso de inseticidas à base da bactéria, que são aplicados diretamente nas plantas ou ao redor das áreas cultivadas. Esses inseticidas são de baixa toxicidade para o meio ambiente e para os seres humanos, o que os

torna uma opção mais segura em comparação com os inseticidas químicos tradicionais (TRACY, 2001). Além disso, o controle biológico com *B. thuringiensis* pode ser integrado ao controle químico, como parte de um programa de manejo integrado de pragas, ajudando a reduzir a dependência dos produtos químicos (JEFFERS, 2023)

Outro agente de controle biológico de interesse para o controle da *S. frugiperda* são os fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. Esses fungos são naturais patógenos de insetos e podem infectar e matar a lagarta ao entrar em contato com o exoesqueleto da praga, onde se desenvolvem, causando sua morte (ALMEIDA, 2023). Estudos mostram que esses fungos podem ser usados tanto isoladamente quanto em combinação com outras técnicas de controle biológico, como o uso de predadores naturais ou parasitoides (CARNEIRO, 2023).

Além de agentes biológicos vivos, vírus entomopatogênicos também têm sido explorados como uma alternativa eficaz no controle da praga. O vírus da granulose (GV) e o baculovírus são dois exemplos de vírus que infectam insetos de maneira específica, causando uma infecção letal que pode controlar as populações de pragas de maneira eficiente e sem causar danos ao meio ambiente (FERREIRA, 2023).

O controle biológico, embora promissor, enfrenta desafios relacionados à implementação em larga escala. A eficácia dos agentes biológicos pode ser influenciada por fatores ambientais, como temperatura, umidade e presença de outros organismos, além de exigirem maior tempo de ação em comparação com os inseticidas químicos (SPARKS, NAUEN, 2015). Contudo, quando bem manejado, o controle biológico oferece uma solução eficaz e sustentável para o controle de *S. frugiperda*, auxiliando na preservação da biodiversidade e na saúde do ecossistema agrícola (MEDYK, 2025)

Portanto, a combinação do controle biológico com outras práticas de manejo, como o controle cultural, o uso de cultivares resistentes e o controle químico em situações específicas, pode ser uma estratégia eficaz no manejo integrado da lagarta-do-cartucho, garantindo maior sustentabilidade e redução dos impactos negativos sobre o ambiente e a saúde humana (SANTO, 2023)

#### 2.4.1. *Bacillus thuringiensis*

O *Bt* é uma bactéria Gram-positiva, esporulante e entomopatogênica, que tem sido amplamente utilizada no controle biológico de pragas agrícolas, incluindo a *S. frugiperda*. O *Bt* foi descoberto em 1901 por Ernst Berliner, quando ele isolou a bactéria de uma amostra de solo proveniente de uma região da Áustria, mas foi somente nas décadas seguintes que o seu potencial como agente de controle biológico se tornou amplamente reconhecido (BRAVO, 2017).

O *Bt* produz proteínas cristalinas (proteínas Cry e Vip) durante a esporulação, que possuem ação inseticida. Estas proteínas são tóxicas apenas para certos grupos de insetos, como lepidópteros (borboletas e mariposas), coleópteros (besouros) e dípteros (moscas), o que torna o *Bacillus thuringiensis* uma opção altamente específica para o controle de pragas, sem causar danos a organismos não-alvo, como outros insetos benéficos, aves e mamíferos (BRAVO 2017).

Quando o *Bt* é ingerido pelas larvas de *Spodoptera frugiperda* ou outras pragas suscetíveis, as proteínas Cry e Vip se ativam no sistema digestivo do inseto, ligando-se a receptores específicos na membrana das células intestinais. Isso provoca a formação de poros na célula intestinal, resultando em uma paralisia do sistema digestivo, morte das células intestinais e, eventualmente, a morte do inseto. O processo é caracterizado por uma ação letal sem afetar os humanos, outros animais ou plantas, tornando-o uma alternativa ecológica aos inseticidas químicos convencionais (ALMEIDA, 2023).

O *B. thuringiensis* está disponível comercialmente em várias formas, como pó, suspensões líquidas ou granulado, e é amplamente utilizado no controle de diversas pragas agrícolas, como a *S. frugiperda* no milho doce, além de ser usado em outros cultivos como soja, algodão e hortaliças (FERREIRA, 2023). O uso de *Bt* é uma prática comum no MIP, combinando seu uso com outras estratégias, como rotação de culturas, controle biológico adicional e, em casos necessários, o controle químico, de forma a reduzir a pressão de resistência e maximizar a eficiência do controle de pragas (AL BASIR, 2023).

A principal vantagem do controle biológico em relação aos inseticidas químicos é a sua especificidade, que minimiza o risco de impacto ambiental. Além disso, como o *Bt* não afeta organismos benéficos, como abelhas, predadores naturais e parasitas, ele permite a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas agrícolas (BRAVO, 2017). No entanto, o uso de *B. thuringiensis* também enfrenta desafios. A eficácia do *Bt* pode ser influenciada por fatores

ambientais, como temperatura e umidade, além de exigir aplicações mais frequentes em algumas condições de alta pressão de pragas. Outro desafio é o desenvolvimento de resistência ao *Bt*, que já foi observada em algumas populações de pragas devido ao uso contínuo dessa ferramenta, exigindo, portanto, um manejo adequado para evitar essa resistência (SPARKS; NAUEN, 2015).

Ainda assim, o *B. thuringiensis* continua a ser uma das ferramentas mais promissoras no manejo sustentável de pragas, especialmente quando combinado com outras práticas de controle integrado, como a utilização de cultivares resistentes e práticas culturais que minimizem a pressão de pragas nas lavouras (SANTOS, 2023).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Água Fria, localizada na região nordeste do município de Anápolis-GO, possuindo as seguintes coordenadas geográficas, Latitude 16°19'40"S e Longitude 48°48'39"W, com altitude de 954 m. O clima do local é caracterizado como do tipo tropical de altitude e o solo classificado como Latossolo Vermelho com textura média.

Foi utilizada a variedade de milho doce convencional GSS2576, suscetível à lagarta-do-cartucho (Figura 1). O plantio foi realizado com o uso de uma plantadeira de seis linhas, com espaçamento de 0,70 m entre linhas e uma população total de 71.428 plantas  $ha^{-1}$ , equivalente a 5,0 plantas m linear.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. A parcela experimental foi constituída por oito linhas de milho doce, medindo 6 metros de comprimento. O experimento foi instalado em uma área total de 840  $m^2$  (28 m de largura e 30 metros de comprimento). Os tratamentos foram constituídos por: (T1) Testemunha; (T2) Clorantraniliprole; (T3) *B. thuringiensis*; (T4) Clorantraniliprole + *B. thuringiensis*; (T5) Dose dupla de Clorantraniliprole e (T6) Dose dupla de *B. thuringiensis*.

O inseticida químico utilizado foi o produto comercial Prêmio Star®, aplicado na dose de 300 ml  $ha^{-1}$  nos tratamentos 2 e 4, e 600 ml  $ha^{-1}$  no tratamento 5. O inseticida biológico empregado foi o produto Dipel®, aplicado na dose de 1L  $ha^{-1}$  nos tratamentos 3 e 4, e de 2L  $ha^{-1}$  no tratamento 6.

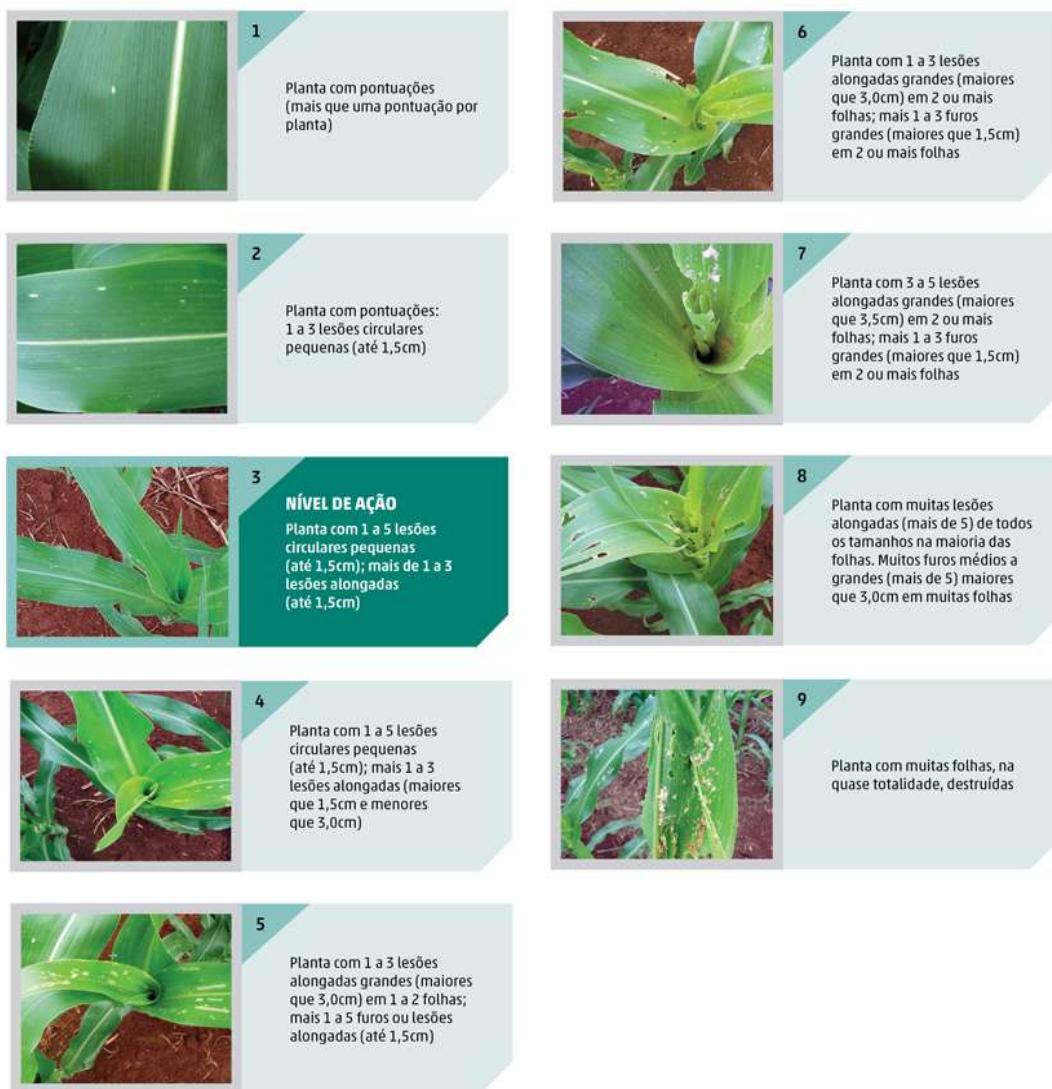


**FIGURA 1-** Área de condução do experimento com milho doce convencional GSS2576, utilizando inseticida químico e biológico no controle da lagarta-do-cartucho, Anápolis-GO.

O monitoramento do nível populacional da *S. frugiperda* foi realizado com base na observação do nível de dano foliar, iniciado aos 20 dias após a emergência (DAE). O monitoramento foi repetido semanalmente até que o nível de controle do inseto fosse atingido. As avaliações foram realizadas em dois momentos: a primeira, um dia antes da aplicação dos tratamentos, e a segunda, seis dias após a aplicação, realizada aos 35 DAE. Para a determinação do momento ideal de controle, foram analisadas 10 plantas por parcela, às quais foram atribuídas notas de 0 a 9, conforme a escala de Davis (Figura 2), permitindo a quantificação do dano foliar e a identificação do ponto crítico de dano para a aplicação do controle.

A avaliação dos danos do ataque da lagarta-do-cartucho segue a metodologia aplicada a Escala de Davis, atribuindo notas de 1 – para plantas sem folhas danificadas ou lesões muito pequenas; 2- para plantas com lesões muito pequenas nas folhas do cartucho; 3 - para plantas apresentando pequenas lesões ou lesões de até 1,3 cm nas folhas do cartucho; 4 - para plantas apresentando de quatro a sete lesões pequenas ou médias; 5 - para plantas apresentando de quatro a sete lesões maiores que 2,5 cm ou furos com formato irregular; 6 - para plantas apresentando lesões alongadas em várias folhas do cartucho; 7 – para plantas apresentando oito ou mais lesões de vários tamanhos nas folhas do cartucho; 8 – para plantas apresentando oito ou mais lesões nas folhas do cartucho e furos médios e grandes com formato irregular; 9 – cartucho e folhas expandidas quase ou totalmente destruídos.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias geradas comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 5\%$ ) utilizando o programa estatístico *Assistat Software Version 7.7.*(SILVA,2012)



**FIGURA 2** – Escala de notas de danos foliares de 0 a 9 (Escala de Davis) utilizada para avaliação da eficácia de controle sobre a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) na cultura do milho.

**Fonte:** Adaptado de Davis et al. (1992).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira avaliação, realizada antes da aplicação, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos com médias variando de 4,48 a 5,08 de acordo com a escala de Davis (Tabela 1). Esse resultado já era esperado, visto que os produtos ainda não haviam sido aplicados, portanto, não havia interferência dos tratamentos sobre a população da lagarta.

Tabela 1: Avaliação dos tratamentos com o uso de produto químico e biológico no controle de *S. frugiperda* na cultura do milho doce de acordo com a escala de Davis.

TRATAMENTO	1 <sup>a</sup> Avaliação	2 <sup>a</sup> Avaliação
(T1) Testemunha	4,48 a <sup>1</sup>	8,48 d
(T2) Clorantraniliprole	5,08 a	3,76 ab
(T3) <i>Bacillus thuringiensis</i>	4,96 a	5,44 c
(T4) Clorantraniliprole + <i>Bacillus thuringiensis</i>	4,66 a	4,06 b
(T5) Dose dupla de Clorantraniliprole	4,78 a	3,0 a
(T6) Dose dupla de <i>Bacillus thuringiensis</i> .	4,82 a	4,58 b
CV% <sup>2</sup>	8,03	10,3

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>

CV% Coeficiente de variação.

Na segunda avaliação, realizada seis dias após a aplicação, observaram-se diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, evidenciando o efeito dos produtos testados. O tratamento com duas doses de clorantraniliprole (T5) apresentou a melhor eficiência de controle, resultando na menor intensidade de danos provocados pela lagarta. Em seguida, destacaram-se os tratamentos T2 e T4, que, embora não tenham diferido estatisticamente do T5, mostraram desempenho superior aos demais. A eficácia elevada do T5 é condizente com situações de maior pressão de infestação, uma vez que a maior concentração do ingrediente ativo aumenta a mortalidade das larvas e promove uma ação mais rápida sobre a população da praga.

No entanto, o uso da dose dupla de um inseticida químico no campo não é uma prática agronomicamente recomendada ou economicamente viável para o manejo contínuo. Tais práticas são evitadas por acelerarem a pressão de seleção, o que leva ao desenvolvimento precoce de resistência da praga à molécula, além de aumentar os custos operacionais e os riscos ambientais. Por isso, a dose padrão (T2) é a utilizada no manejo, com a busca por outras táticas

para manter o controle, como a associação com biológicos (T4) (GUTIÉRREZ-MORENO et al., 2019)

Apesar da superioridade imediata do controle químico (T2, T5) e da combinação (T4), é crucial notar que o *Bacillus thuringiensis* (T3 e T6) demonstrou resultados promissores, especialmente o T6, que alcançou equivalência estatística com a dose padrão do químico (T2) e a associação (T4). É importante salientar que a avaliação aos 6 DAA, embora já indique um bom controle, ainda pode estar subestimando a eficácia total do *Bt*, que atua por ingestão e necessita de um período de 3 a 7 dias para a mortalidade se manifestar completamente (LEMONÉ et al., 2017). Portanto, futuras avaliações em períodos mais longos (ex: 10 ou 15 DAA) seriam necessárias para determinar o potencial máximo de controle residual do biológico, o que é fundamental para um manejo de pragas de longo prazo.

O inseticida químico clorantraniliprole pertence ao grupo das diamidas antranílicas, atuando como modulador do receptor de rianodina, o que causa desregulação do cálcio nas células musculares da lagarta, levando à paralisia e morte do inseto. Esse modo de ação confere ao produto alta eficácia e seletividade, sendo amplamente utilizado no controle de lepidópteros em diversas culturas. No entanto, o uso repetido e contínuo desse tipo de inseticida pode levar ao desenvolvimento de resistência por parte das populações de *S. frugiperda*, além de representar riscos ambientais e toxicológicos (SPARKS; NAUEN, 2015).

Por outro lado, o controle biológico, representado pelo uso de *B. thuringiensis*, atua por meio da ingestão de cristais proteicos (toxinas Cry e Vip) que se solubilizam no intestino da lagarta, causando destruição das células epiteliais e levando o inseto à morte. Essas toxinas são altamente específicas para determinados grupos de insetos, não afetando organismos benéficos, polinizadores ou o meio ambiente (BRAVO et al., 2017). Além disso, o *Bt* apresenta a vantagem de poder ser integrado a programas de Manejo Integrado de Pragas, reduzindo a dependência de produtos químicos e contribuindo para a sustentabilidade do sistema produtivo (EMBRAPA, 2023).

A lagarta-do-cartucho é uma das principais pragas do milho doce, podendo causar sérios prejuízos econômicos à cultura. As lagartas atacam folhas, cartuchos e espigas, reduzindo a área fotossintética, comprometendo a formação dos grãos e diminuindo a produtividade e a qualidade comercial das espigas (ALMEIDA, 2023). Em casos severos, as perdas podem ultrapassar 50% da produção, especialmente quando o ataque ocorre nas fases iniciais de desenvolvimento da planta.

Dessa forma, o resultado observado neste estudo evidencia a importância de estratégias de manejo integrado, associando o uso de agentes biológicos e químicos de forma racional. A utilização combinada de clorantraniliprole e *Bacillus thuringiensis* pode contribuir para um controle eficaz e sustentável da lagarta-do-cartucho, minimizando o risco de resistência e os impactos ambientais negativos. Resultados semelhantes foram relatados por Embrapa (2023) e Sousa et al. (2021), que destacam o potencial dessa integração no controle de *S. frugiperda* em diferentes cultivares de milho.

Assim, observando os resultados da segunda avaliação (Tabela 1), verificou-se que os tratamentos T2, T4 e T6 não diferiram estatisticamente entre si, demonstrando um controle eficiente da lagarta-do-cartucho. Diante disso, o desempenho equivalente do T6 (dose dupla do biológico) em relação ao químico (T2) e à associação (T4) é o destaque agronômico e ambiental deste estudo. Este resultado reforça que a intensificação do controle biológico representa uma estratégia altamente viável sob os aspectos agronômico, econômico e ambiental. O produtor pode optar por métodos que reduzam drasticamente o uso de produtos químicos, garantindo a sustentabilidade do sistema produtivo e minimizando o desenvolvimento da resistência da praga, mesmo que avaliações de longo prazo fossem necessárias para confirmar o controle residual do *Bt*.

Essa equivalência de desempenho indica que o produtor pode optar por métodos que reduzam o uso de produtos químicos sem comprometer a eficiência do controle, contribuindo para a diminuição da resistência da praga e para a sustentabilidade do sistema produtivo. Além disso, o emprego do controle biológico em maior dose apresenta menor custo operacional e baixo impacto ambiental, o que o torna uma alternativa interessante para o manejo de *S. frugiperda* em lavouras de milho doce, especialmente em sistemas de produção sustentáveis.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a importância da integração de diferentes táticas de controle dentro dos programas de (MIP), onde o equilíbrio entre eficácia, custo e sustentabilidade é fundamental. O consórcio entre o inseticida químico e o biológico, ou a intensificação do uso do *Bacillus thuringiensis*, podem ser considerados métodos viáveis e eficazes para manter a população da praga em níveis aceitáveis, garantindo produtividade e qualidade das espigas sem causar desequilíbrio ecológico.

Os resultados obtidos neste estudo estão em consonância com os relatados por Sousa et al. (2021), que observaram redução significativa na infestação de *S. frugiperda* em lavouras de milho quando utilizaram o consórcio entre o inseticida químico e o biológico, evidenciando que

a combinação das duas estratégias potencializa o controle e prolonga a ação residual do tratamento.

Da mesma forma, Venkatachalam et al. (2022) verificaram que a associação entre clorantraniliprole e *Bacillus thuringiensis* resultou em efeito aditivo, com mortalidade de lagartas superior a 90% e menor tempo para controle efetivo, quando comparada à aplicação isolada de cada produto. Esses autores destacaram ainda que a combinação reduz a necessidade de reaplicações e contribui para o retardamento da resistência da praga aos inseticidas sintéticos.

Os resultados também corroboram os achados de Pes et al. (2020), que constataram desempenho semelhante entre o uso de duas aplicações de *Bt* e a combinação do biológico com uma dose reduzida do inseticida químico. Essa equivalência reforça que o uso intensificado do controle biológico pode alcançar níveis de controle compatíveis

## 5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, observou-se que o controle químico utilizando o inseticida clorantraniliprole apresentou maior eficiência no controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho doce, especialmente quando aplicado em duas doses. O uso de uma dose do inseticida químico também se mostrou eficaz, não diferindo estatisticamente de tratamentos contendo duas doses do controle biológico e do consórcio entre o controle químico e biológico. Recomenda-se, no entanto, a realização de estudos de longo prazo com avaliações acima de 10 dias após a aplicação para confirmar o potencial de controle residual do *B. thuringiensis*, além de análises detalhadas de custo-benefício para determinar a otimização econômica das doses e combinações no campo

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. S. Manejo de pragas no cultivo do milho-doce: desafios e estratégias. **Revista Brasileira de Fitossanidade**, v. 25, n. 3, p. 45-60, 2023.
- ALMEIDA, R. A. Controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). **AGROADVANCE, 2023**. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-lagarta-do-cartucho-spodoptera-frugiperda/>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- AL BASIR, F.; CHOWDHURY, J.; TORRES, D. F. M. *Bacillus thuringiensis* no manejo integrado de pragas: estratégias e perspectivas. **Journal of Applied Microbiology**, v. 134, n. 2, p. 1-15, 2023.
- BRAVO, A.; GÓMEZ, I.; SOBERÓN, M. *Bacillus thuringiensis: mechanisms and use*. **Microbiological Spectrum**, v. 5, n. 2, p. 1-12, 2017.
- CARNEIRO, R. O. Fungos entomopatogênicos no manejo de *Spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Biologia Aplicada**, v. 12, n. 1, p. 23-35, 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 2023**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 18 mar. 2025.
- DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi: **Agricultural and Forest Experiment Station**, 1992. 9 p. (Technical Bulletin, 186).
- EMBRAPA. Cultivares da Embrapa Hortaliças: (1981-2023). Brasília, DF: **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767891/controle-biologico-da-lagarta-do-cartucho-com-baculovirus.pdf/2e536084-d40f-4e6f-8145-b6880c1487a5>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- EMBRAPA. Cultivo e manejo do milho-doce. Brasília, DF: **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- EMBRAPA. Milho-doce. **Embrapa Hortaliças**. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 18 mar. 2025.
- FERREIRA, C. A. Produção e comercialização do milho-doce no Brasil: desafios e oportunidades. **Revista de Economia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 78-92, 2023.
- FERREIRA, J. R. Informações Técnicas Milho e Sorgo. **Revista Campo & Negócios**, 2023.

FINGER, F. L.; GAVA, G. R. M.; NEGRINI, R. Mercado e tendências de consumo do milho-doce no Brasil. **Revista Brasileira de Agroindústria**, v. 15, n. 2, p. 55-68, 2023.

GUTIÉRREZ-MORENO, J. et al. Efficacy of chlorantraniliprole for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 4, p. 1774-1782, 2019.

JEFFERS, A. H. Controle biológico integrado de pragas: estratégias atuais e perspectivas. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 14, n. 3, p. 1-12, 2023.

LEMONÉ, J. L. et al. Bioactivity of *Bacillus thuringiensis* to *Spodoptera frugiperda* in different development stages and temperatures. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 1913-1922, 2017.

LIBARDONI, G.; et al. Eficiência de *Bacillus thuringiensis* em diferentes cultivares de milho-doce. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, p. 1-10, 2021.

NEGRINI, E. S. et al. Uso de milho-doce na indústria alimentícia. **Revista Brasileira de Produtos Alimentícios**, v. 23, n. 4, p. 56-62, 2019.

NEGRINI, M.; FIDELIS, E. G.; SCHURT, D. A.; SILVA, F. S.; PEREIRA, R. S.; BIZZO, H. R. Atividade inseticida de óleos essenciais para o controle da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/tgcjpjVSZ5XMRxHbw7fcbnQC/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

NEGRINI, R.; SILVA, M. T.; OLIVEIRA, P. R. Caracterização e mercado do milho-doce no Brasil. **Boletim Técnico do Milho**, v. 12, n. 1, p. 25-40, 2019.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental: com aplicações em agricultura e biologia**. 14. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University, 1993.

RITCHIE, S. W.; et al. Physiology and growth of maize. In: *International Crop Science Conference Proceedings*, Rio de Janeiro: **Agribusiness Publishers**, 1993. p. 120-135.

SANTOS, D. M. Estratégias de manejo integrado de pragas em milho doce. **Revista Brasileira de Entomologia Agrícola**, v. 11, n. 3, p. 45-60, 2023.

SOUZA, A. P.; et al. Integração de controle químico e biológico na cultura do milho-doce. **Revista de Fitossanidade**, v. 27, n. 1, p. 15-28, 2021.

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

TRACY, W. F. Genetic improvement of sweet corn. **Field Crops Research**, v. 68, p. 149-154, 2001.

TRACY, W. F. *Sweet corn*. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty Corns**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 155-197.

MARQUES, R. P.; GOMES, L. R.; SILVA, D. F. Eficácia de clorantraniliprole no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 24, n. 3, p. 45-52, 2018.

PES, M. P.; ANDRADE, M. R.; COSTA, G. C. Avaliação do uso combinado de inseticidas químicos e biológicos no controle de *S. frugiperda*. **Revista de Fitossanidade**, v. 30, n. 1, p. 25-35, 2020.

SOUSA, A. P. et al. Integração de controle químico e biológico na cultura do milho-doce. **Revista de Fitossanidade**, v. 27, n. 1, p. 15-28, 2021.

VENKATACHALAM, A.; JEGANATHAN, R.; SUBRAMANIAN, S. Synergistic effects of *Bacillus thuringiensis* and chlorantraniliprole on fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **Crop Protection**, v. 160, p. 106040, 2022. DOI: 10.1016/j.cropro.2022.106040.