

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO HENRIQUE UEHARA

BROFANILIDE EM PERSPECTIVA: UM INSETICIDA INÉDITO E SUA EFICÁCIA  
EM MILHO PARA O CONTROLE DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA*.

PRIMAVERA DO LESTE - MT

2025

FERNANDO HENRIQUE UEHARA

BROFANILIDE EM PERSPECTIVA: UM INSETICIDA INÉDITO E SUA EFICÁCIA  
EM MILHO PARA O CONTROLE DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA*.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: MSc. Silvio Aparecido Marcussi

PRIMAVERA DO LESTE - MT

2025

Dedico este trabalho a Deus, pela sabedoria, força e direção em cada passo da minha caminhada.

À minha esposa, pelo amor, paciência, apoio incondicional e compreensão durante as longas jornadas de estudo e trabalho. Sua presença foi essencial em todos os momentos.

Aos meus pais, pelo exemplo de dedicação, esforço e valores que me formaram como homem e profissional.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me sustentar com fé, saúde e perseverança ao longo desta jornada.

À minha esposa, pelo amor, incentivo e compreensão nos momentos de ausência e cansaço. Sua presença foi meu alicerce.

Aos meus pais, que desde cedo me ensinaram o valor do trabalho, do estudo e da honestidade. Tudo que conquistei até aqui carregam as marcas do esforço e dos princípios que recebi de vocês.

Ao meu orientador, Silvio Aparecido Marcussi, pela confiança, paciência e orientação técnica que nortearam este trabalho. Seu olhar crítico e apoio foram fundamentais.

Aos colegas do trabalho e amigos da pós-graduação que dividiram comigo as angústias e aprendizados dessa caminhada. A troca de experiências tornou esse percurso mais leve e enriquecedor.

À equipe e colaboradores do local de pesquisa, que contribuíram direta ou indiretamente para a execução do experimento. Sem o apoio técnico e a estrutura, este trabalho não teria sido possível.

E a todos que, de alguma forma, deixaram sua marca neste projeto. Minha sincera gratidão.

"A natureza não se apressa, mas tudo se realiza. A água flui sem esforço, adaptando-se às formas, mas jamais perde sua essência. Da mesma forma, o sábio compreende a impermanência das coisas e age sem apego, encontrando força na serenidade e no fluxo constante da vida." (LAO TSÉ, séc. VI a.C.)

## RESUMO

O inseticida Broflanilide, pertencente à classe química das benzamidas, representa um novo modo de ação inseticida no Brasil, ainda sem registro comercial. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia do produto em plantas de milho cultivadas em casa de vegetação. O inseticida Alecto® (ingrediente ativo: Broflanilide, MoA IRAC 30) foi aplicado em cinco doses diferentes e comparado com dois padrões comerciais: Premio® (ingrediente ativo: Ciantraniliprole, MoA IRAC 28) e Exalt® (ingrediente ativo: Espinetoram, MoA IRAC 5). Após o desenvolvimento das plantas, foram realizadas inoculações com *Spodoptera frugiperda* para avaliar o controle da praga. Os resultados demonstram o potencial do Broflanilide como uma alternativa eficaz no manejo da lagarta-do-cartucho, oferecendo uma nova ferramenta crucial para superar a crescente resistência a modos de ação já estabelecidos.

Palavras-chave: Broflanilide 1. *Spodoptera frugiperda* 2. Milho 3. Eficácia 4. Manejo de resistência 5.

## ABSTRACT

The insecticide Broflanilide, belonging to the benzamide chemical class, represents a new mode of insecticidal action in Brazil, not yet commercially registered. This study aimed to evaluate the product's efficacy on corn plants grown under greenhouse conditions. The insecticide Alecto® (active ingredient: Broflanilide, MoA IRAC 30) was applied at five different doses and compared with two commercial standards: Premio® (active ingredient: Cyantraniliprole, MoA IRAC 28) and Exalt® (active ingredient: Spinetoram, MoA IRAC 5). After plant development, inoculations with *Spodoptera frugiperda* were performed to evaluate pest control. The results demonstrate the potential of Broflanilide as an effective alternative for fall armyworm management, offering a crucial new tool to overcome increasing resistance to established modes of action.

Keywords: Broflanilide 1. *Spodoptera frugiperda* 2. Corn 3. Efficacy 4. Resistance management 5.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – ESCALA DAVIS PARA AVALIAÇÃO VISUAL DE DANOS CAUSADOS<br>POR <i>SPODOPTERA FRUGIPERDA</i> EM MILHO ..... | 22 |
| Figura 2 - ESTRUTURA QUÍMICA DO BROFANILIDE E METABÓLITOS<br>RELACIONADOS DA CLASSE DAS META-DIAMIDAS .....        | 27 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 – Numero de lagartas e eficácia de controle (%) sobre lagartas pequenas (L1-L3) de <i>Spodoptera frugiperda</i> aos 3 e 7 Dias Após a Aplicação (DAA). .....         | 33 |
| Gráfico 2 – Média do número de lagartas e eficácia de controle (%) sobre lagartas grandes (L4-L6) de <i>Spodoptera frugiperda</i> aos 3 e 7 Dias Após a Aplicação (DAA). ..... | 35 |
| Gráfico 3 – Média de lagartas e eficácia de controle total (%) (lagartas pequenas + grandes) sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> aos 3 e 7 Dias Após a Aplicação (DAA). .....   | 37 |
| Gráfico 4 - Severidade de danos (Escala de Davis) causados por <i>Spodoptera frugiperda</i> aos 7 Dias Após a Aplicação (DAA). .....                                           | 39 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Tratamentos aplicados em forma de pulverização na cultura do milho<br>visando o controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> ..... | 20 |
| Tabela 2 - Efeito do Tratamento sobre Lagartas Pequenas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .<br>.....                                        | 32 |
| Tabela 3 - Eficácia do Controle em Lagartas Grandes de <i>Spodoptera frugiperda</i> . ...                                                 | 34 |
| Tabela 4 - Contagem de Lagartas Totais e Controle (%) .....                                                                               | 36 |
| Tabela 5 - Danos segundo escala de Davis (%) .....                                                                                        | 38 |

Lista de abreviaturas OU siglas

DAA - Dias após aplicação "A"

## LISTA DE SÍMBOLOS

© - copyright

@ - arroba

® - marca registrada

$\Sigma$  - somatório de números

$\Pi$  - produtório de números

## SUMÁRIO

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                       | <b>13</b> |
| 1.1 JUSTIFICATIVA .....                                                         | 16        |
| 1.2 OBJETIVOS .....                                                             | 17        |
| 1.2.1 Objetivo geral .....                                                      | 17        |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                                                | 18        |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                            | <b>23</b> |
| 2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO NO BRASIL .....                   | 23        |
| 2.2 BIOLOGIA E IMPACTO DE <i>SPODOPTERA FRUGIPERDA</i> NA CULTURA DO MILHO..... | 24        |
| 2.3 RESISTÊNCIA DE <i>S. FRUGIPERDA</i> . ....                                  | 25        |
| 2.4 BROFANILIDE: CARACTERÍSTICAS E MODO DE AÇÃO.....                            | 27        |
| <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                 | <b>29</b> |
| <b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>                                        | <b>32</b> |
| <b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                             | <b>40</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                         | <b>41</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae, é um dos cereais de maior relevância para a civilização humana. A sua origem remonta ao processo de domesticação do teosinto, no sul do México, há milhares de anos (Fornasieri Filho, 2007). Atualmente, é uma cultura com extraordinária adaptabilidade, cultivada sob as mais diversas condições climáticas ao redor do mundo. Do ponto de vista genético, o milho, assim como o teosinto, é diploide com  $2n = 20$  cromossomos, porém destaca-se por possuir uma vasta variabilidade genética, com cerca de 300 raças, cada uma contendo milhares de variedades (Fornasieri Filho, 2007).

Economicamente, o milho consolidou-se como uma das commodities agrícolas mais vitais para a economia global, superada apenas pelo trigo e pelo arroz em volume de produção. Sua cadeia produtiva é complexa e estratégica, indo desde a alimentação animal até a produção de etanol, amidos, óleos e edulcorantes. Os Estados Unidos da América mantêm-se como o maior produtor e exportador mundial, com sua região do Corn Belt sendo responsável por uma parcela majoritária da oferta global. A China, por sua vez, é o segundo maior produtor, mas, devido à sua enorme demanda interna por ração para sua criação de suínos e aves, tornou-se também um dos maiores importadores, influenciando significativamente os preços internacionais.

O Brasil consolidou-se como o terceiro maior produtor e, crucialmente, o segundo maior exportador mundial, teve sua safra 2023/24 estimada em cerca de 125 milhões de toneladas, com as exportações gerando bilhões de dólares em receita para o país (CONAB, 2024). A capacidade brasileira de colher duas safras por ano ("safrinha") foi um fator determinante para esse protagonismo no mercado internacional. Qualquer interrupção na produção dessa cultura, seja por fatores climáticos ou por pressão de pragas, tem um efeito cascata, comprometendo a rentabilidade do produtor, a estabilidade de preços no mercado interno, a balança comercial dos países exportadores e o custo de produção de proteína animal.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é uma praga polífaga, de comportamento migratório e versátil que

ataca estágios vegetativos e reprodutivos de diversas culturas e plantas silvestres (Montezano et al., 2018; Kenis et al., 2023).

No panorama da agricultura moderna a *Spodoptera frugiperda* constitui uma preocupação global devido à sua capacidade migratória e polifagia. Embora nativa das Américas, o inseto se espalhou mundialmente, invadindo recentemente a África, Ásia e a Austrália e está presente em mais de duzentos países (Wan et al., 2021; Kenis et al., 2023). Desafios crescentes relacionados ao manejo eficiente, especialmente aquelas que apresentam resistência a inseticidas tradicionais. A Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) destaca-se como uma das principais ameaças à cultura do milho no Brasil, causando perdas significativas na produtividade e exigindo o desenvolvimento de novas estratégias de controle.

Atualmente, muitos países, principalmente o Brasil, adotaram culturas transgênicas que expressam proteínas Bt para o manejo desse inseto (Huang, 2021). Devido à adoção em larga escala dessas culturas, em muitas regiões, alcançando mais de 90%, é intensa a pressão de seleção para resistência de populações às proteínas Bt. De fato, ocorreu rápido o surgimento de resistência em populações de *S. frugiperda* ao milho Cry1F (tecnologia TC1507 ou Herculex) com problemas de controle em campo em Porto Rico, nos EUA continental, Brasil e Argentina (Storer et al., 2010; 2012; Farias et al., 2014; Huang et al., 2014; Bernardi et al., 2016b; Omoto et al., 2016; Chandrasena et al., 2018; Amaral et al., 2020; Huang, 2021). Estudos anteriores mostram resultados sobre a suscetibilidade ou resistência de populações de campo de *S. frugiperda* em relação a características de milho Bt simples (de uma toxina Bt) e piramidado (contendo combinações delas). Há evidências de resistência a proteína Cry1F em larga escala nas populações das Américas, além de resistência cruzada ao milho Cry1A.105/Cry2Ab2 (tecnologia PRO) (Bernardi et al., 2015; Santos-Amaya et al., 2015).

Antes do uso de culturas transgênicas, o controle de *S. frugiperda* nas Américas baseava-se principalmente em inseticidas sintéticos e, ao longo dos anos, populações resistentes deste inseto foram selecionadas a muitas das principais classes de inseticidas (Pitre, 1988; Yu, 1991; Berta et al., 2000; Belay, 2012; Bernardi et al., 2016a; Gutiérrez-Moreno et al., 2019), incluindo carbamatos, organofosforados e piretróides (Sogorb et al., 2002).

Para além da bem-documentada resistência às proteínas inseticidas Bt, o cenário do manejo de *Spodoptera frugiperda* é agravado por um histórico de resistência a um amplo espectro de inseticidas químicos sintéticos, o que impõe um risco cumulativo crítico à eficácia de novas moléculas. Populações de campo da praga já apresentam resistência estabelecida e em muitos casos, de níveis devastadoramente altos a praticamente todas as principais classes de inseticidas tradicionalmente empregadas, incluindo piretróides (ex.: lambda-cialotrina), organofosforados (ex.: clorpirifós) e carbamatos (ex.: metomil) (GUTIÉRREZ-MORENO et al., 2019). Este padrão histórico de evolução rápida de resistência gera um efeito cumulativo de pressão de seleção no pool genético da praga. Consequentemente, mesmo moléculas modernas com modos de ação inéditos, como as diamidas antranílicas (que atuam no receptor de rianodina), estão sob ameaça.

A introdução de qualquer novo ingrediente ativo, por mais inovador que seja, é imediatamente submetida a uma população de pragas previamente selecionada por décadas de exposição a inseticidas, carregando um background genético com mecanismos de detoxificação (como enzimas monooxigenases e esterases) já amplamente disseminados. Este fenômeno acelera exponencialmente o potencial de seleção para resistência até mesmo aos novos ativos, encurtando seu ciclo de vida útil e comprometendo seriamente a sustentabilidade das poucas ferramentas restantes. Portanto, a gestão estratégica destes novos recursos, dentro de programas robustos de Manejo de Resistência de Insetos (MRI), que privilegiem a rotação de modos de ação com grupos químicos não relacionados, deixa de ser uma recomendação e passa a ser uma condição indispensável para a preservação da eficácia das tecnologias de controle no médio e longo prazo.

O Broflanilide emerge no cenário global de inseticidas como uma molécula estratégica desenvolvida pela Mitsui Chemicals Agro Inc. para enfrentar o crescente desafio da resistência a inseticidas em pragas agrícolas. Registrado inicialmente no Japão em 2018 e subsequentemente aprovado por agências reguladoras em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e na União Europeia, o ativo foi classificado pelo *Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC) no **Grupo 30** – uma categoria distinta de Moduladores Alostéricos do Receptor GABA (Ácido Gama-Aminobutírico).

Essa classificação sublinha seu mecanismo de ação inédito, que difere radicalmente de todas as outras classes de inseticidas disponíveis no mercado, incluindo piretróides (Grupo 3) e organofosforados (Grupo 1B).

Sua introdução no mercado internacional foi motivada pela crescente ineficiência de inseticidas convencionais contra pragas-chave, como *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Plutella xylostella*, que desenvolveram resistência múltipla a diversos modos de ação. No Brasil, o Broflanilide foi registrado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) em 2020 e rapidamente incorporado como ferramenta crítica em programas de Manejo de Resistência de Insetos (MRI), especialmente na cultura do milho. Estudos de campo conduzidos em regiões de alta pressão de seleção, como o Cerrado e o Sul do Brasil, demonstraram alta eficácia do composto contra populações resistentes a piretróides, diamidas e proteínas Bt (CRUZ et al., 2021; IRAC, 2022).

A importância global do Broflanilide reside não apenas em sua eficácia, mas em seu perfil toxicológico e ambiental favorável quando utilizado dentro das boas práticas agrícolas, com baixo impacto sobre artrópodes não-alvo e mamíferos. No contexto do manejo sustentável, o ativo é recomendado em rotação com outros grupos químicos para reduzir a pressão de seleção e prolongar a vida útil de tecnologias existentes. Pesquisas recentes indicam que, em áreas onde o Broflanilide foi adotado de forma racional, houve uma redução significativa na frequência de alelos de resistência em populações de *S. frugiperda* (SANTOS et al., 2023).

Contudo, seu uso requer monitoramento contínuo, dado o histórico de evolução de resistência a inseticidas em pragas-alvo. A preservação da eficácia do Broflanilide depende da implementação rigorosa de estratégias de MRI, incluindo o uso de áreas de refúgio, a rotação com modos de ação não cruzados e a integração com táticas de controle não-químicas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), é uma das pragas mais relevantes da cultura do milho no Brasil, com histórico de elevada adaptabilidade e resistência a diferentes grupos de inseticidas. A crescente pressão de seleção

causada pelo uso contínuo de ingredientes ativos com o mesmo modo de ação tem acelerado o processo de resistência, desafiando o manejo sustentável da praga e exigindo a introdução de novas ferramentas no campo.

O Broflanilide, representa uma inovação no contexto dos inseticidas, apresentando um modo de ação ainda não registrado comercialmente no Brasil. Estudar seu comportamento dentro da planta e seu potencial de controle sobre *S. frugiperda* é fundamental não apenas para validar sua eficácia agrônômica, mas também para entender sua viabilidade como ferramenta no manejo integrado de pragas (MIP), especialmente frente à demanda por moléculas com perfis toxicológicos mais seletivos e mecanismos diferenciados.

## 1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo investigar a eficácia da molécula Broflanilide em plantas de milho submetidas a diferentes doses, comparando seu desempenho com inseticidas padrão, e avaliando seu potencial no controle de *Spodoptera frugiperda*, de forma a contribuir para o entendimento de seu posicionamento no manejo de pragas resistentes em sistemas agrícolas tropicais.

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficácia do inseticida Broflanilide em plantas de milho cultivadas em casa de vegetação, aplicando-se diferentes doses e comparando os resultados com inseticidas padrão, frente à infestação controlada de *Spodoptera frugiperda*.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Determinar a eficácia de diferentes doses de Broflanilide no controle de *S. frugiperda*.

Comparar o desempenho do Broflanilide com os inseticidas padrão Premio® e Exalt®.

Analisar a relação entre a dose aplicada e o nível de controle obtido, caracterizando a curva de dose-resposta.

Contribuir com dados iniciais para o posicionamento agronômico do Broflanilide no manejo da Lagarta-do-cartucho em milho.

## METODOLOGIA

### **Local e condições de cultivo:**

O experimento foi conduzido no Centro de pesquisa IHARA em casa de vegetação no município de Primavera do Leste - MT, sob condições controladas de temperatura, luminosidade e irrigação. Foram utilizadas sementes de milho híbrido comercial, com padrão agrônomo conhecido e suscetibilidade à *S. frugiperda*.

### **Delimitação do experimento:**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, com 6 repetições por tratamento. As plantas foram cultivadas em vasos de 4 litros, preenchidos com mistura de solo substrato comercial na proporção 3 para 1 e mantidas sob irrigação regular.

### **Tratamentos:**

O experimento foi conduzido com oito tratamentos, incluindo uma testemunha sem aplicação e sete tratamentos inseticidas. As aplicações foram realizadas em plantas de milho cultivadas em casa de vegetação, visando avaliar a eficácia do ingrediente ativo Broflanilide e compará-lo a inseticidas padrão amplamente utilizados no manejo de *Spodoptera frugiperda*.

Foram testadas cinco doses crescentes de Broflanilide (225 g.L<sup>-1</sup>) e dois inseticidas padrão (Premio® e Exalt®).

As doses de Broflanilide foram determinadas de forma a possibilitar a construção de uma curva de dose-resposta, permitindo avaliar a relação entre a concentração aplicada e o nível de controle obtido, conforme descrito a seguir:

Tabela 1 - Tratamentos aplicados em forma de pulverização na cultura do milho visando o controle de *Spodoptera frugiperda*.

| Tratamentos   | Ingredientes ativos                      | Doses<br>(pc g·ml.ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> |
|---------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1- TESTEMUNHA | -                                        | -                                                 |
| 2 – ALECTO    | Broflanilide 225 g.L <sup>-1</sup>       | 40                                                |
| 3 – ALECTO    | Broflanilide 225 g.L <sup>-1</sup>       | 53,3                                              |
| 4 – ALECTO    | Broflanilide 225 g.L <sup>-1</sup>       | 66,7                                              |
| 5 – ALECTO    | Broflanilide 225 g.L <sup>-1</sup>       | 80                                                |
| 6 – ALECTO    | Broflanilide 225 g.L <sup>-1</sup>       | 111                                               |
| 7 – PREMIO    | Clorantianiliprole 200 g.L <sup>-1</sup> | 125                                               |
| 8 – EXALT     | Espinetoram 120 g.L <sup>-1</sup>        | 50                                                |

<sup>1</sup>/Produto comercial por hectare.

A aplicação dos tratamentos foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com barra de dois bicos de jato plano tipo ADI 110.015, calibrado para aplicar um volume de calda de 150 L·ha<sup>-1</sup>, visando garantir cobertura uniforme das plantas. Incluíram-se inseticidas padrão como referência de eficácia, os quais representam alternativas já consolidadas no manejo da *Spodoptera frugiperda*.

Utilizaram-se equipamentos de proteção individual (EPI) durante todas as etapas de pulverização, assegurando a segurança do aplicador.

### Inoculação da praga

Infestação por *Spodoptera frugiperda* foi conduzida no estágio vegetativo V4-V5 utilizando-se uma metodologia que envolveu a aplicação simultânea de lagartas em diferentes estágios larvais. Foram utilizados dez indivíduos de segundo instar (L2) e cinco de quarto instar (L4), confinados individualmente em sacos de voal distribuídos em diferentes partes da planta.

A escolha desses dois instares larvares fundamenta-se em pressupostos biológicos essenciais para uma avaliação abrangente da eficácia do controle. O segundo instar (L2) foi selecionado por representar uma fase inicial de desenvolvimento, reconhecidamente mais sensível a inseticidas, permitindo avaliar o potencial máximo de eficácia dos tratamentos. Paralelamente, a inclusão do quarto instar (L4) justifica-se pela sua maior robustez fisiológica, caracterizada por cutícula mais espessa, maior massa corporal e maior atividade de sistemas enzimáticos de detoxificação - atributos que conferem tolerância natural a agentes de controle.

Esta estratégia metodológica permite não apenas avaliar a eficácia basal dos tratamentos, mas também simular cenários reais de campo, onde é comum a ocorrência simultânea de diferentes estágios larvais. Dessa forma, obtém-se uma avaliação biologicamente representativa do desempenho dos inseticidas frente à variabilidade natural das populações da praga.

### **Avaliação de eficiência:**

As avaliações foram realizadas nos seguintes intervalos: pré-aplicação (contagem inicial) e aos 3 e 7 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos. Os parâmetros avaliados incluíram:

Contagem de lagartas vivas: Número médio de lagartas pequenas (estádios iniciais, L1-L3), grandes (estádios avançados, L4-L6) e o total por planta (somatório de pequenas e grandes).

Mortalidade larval: Determinada através de contagem direta de indivíduos mortos em cada unidade experimental.

Número de plantas danificadas

Número total de lagartas vivas

Cálculo da eficiência de controle: A eficácia dos tratamentos foi calculada utilizando a fórmula de Abbott (1925) para os parâmetros:

$$E = \frac{(Mt - Mc)}{(100 - Mc)} \times 100$$

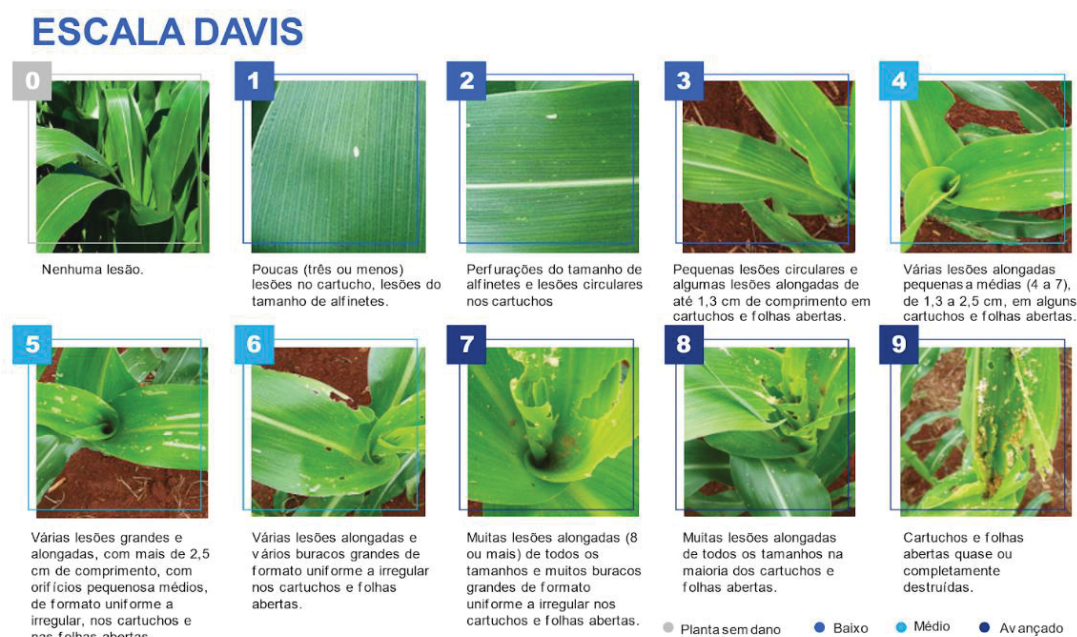
Onde:

- E = Eficácia corrigida do tratamento (%);
- Mt = Mortalidade observada no grupo tratado (%);
- Mc = Mortalidade observada no grupo controle (%).

Avaliar as plantas expostas ao ataque das lagartas (considerar planta danificada) - utilizar Escala DAVIS onde:

Referência para Escala de Danos – Davis (FIGURA 1):

Figura 1 – ESCALA DAVIS PARA AVALIAÇÃO VISUAL DE DANOS CAUSADOS POR *SPODOPTERA FRUGIPERDA* EM MILHO



FONTE: Davis, et al., 1992. Embrapa, 2009.

Avanço da severidade dos danos causados por lagarta-do-cartucho no milho, de acordo com a metodologia de Davis.

### Análise de dados

O delineamento experimental seguiu o modelo de blocos ao acaso, com 8 (oito) tratamentos e 4 (quatro) repetições.

Os dados originais, referentes a Número de insetos vivos por planta, controle sobre o alvo (%) e severidade dos danos por parcela foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas entre si por meio do teste de Tukey (1953) e a 5% de probabilidade. Para as análises foi utilizado o software ARM.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO NO BRASIL

A cultura do milho (*Zea mays* L.) ocupa posição de destaque na agricultura brasileira, tanto por sua representatividade econômica quanto por seu papel social. Trata-se da segunda cultura mais cultivada do país em área plantada, ficando atrás apenas da soja (CONAB, 2024). Seu cultivo está amplamente distribuído em todas as regiões brasileiras, adaptando-se bem a diferentes condições edafoclimáticas e sistemas produtivos, o que reforça sua importância na segurança alimentar e na geração de renda, especialmente entre pequenos e médios produtores (EMBRAPA, 2022).

A produção brasileira de milho deve atingir 128,2 milhões de toneladas em 2025, segundo estimativa divulgada em maio pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O volume representa um aumento de 11,8% em relação a 2024 e de 0,7% frente à previsão de maio. O resultado reflete a recuperação de áreas afetadas por problemas climáticos no último ciclo. Contudo, seu cultivo é frequentemente impactado por pragas de elevada importância econômica, entre as quais a *Spodoptera frugiperda* (Lagarta-do-cartucho) se destaca pela agressividade, capacidade de adaptação e ampla distribuição geográfica (CRUZ et al., 1999).

Do ponto de vista social, o milho representa uma base alimentar importante para populações vulneráveis, além de ser insumo essencial na cadeia pecuária e agroindustrial, contribuindo significativamente para o abastecimento interno de alimentos, rações e biocombustíveis (SILVA et al., 2020).

Em termos de competitividade internacional, o milho brasileiro vem ganhando protagonismo. Segundo dados da CONAB (2024), em 2023 o Brasil tornou-se o maior exportador mundial de milho, com embarques superiores a 55 milhões de toneladas, superando os Estados Unidos pela primeira vez. Esse feito reflete não apenas a expansão da produção interna, mas também a consolidação do Brasil como fornecedor global estratégico de grãos. Em 2001, o milho ocupava a 14ª posição entre os produtos agrícolas mais exportados do país, e em 2022 já figurava como o segundo principal item da pauta agrícola de exportações (MAPA, 2023).

Além disso, o cultivo do milho tem expressiva presença em propriedades de base familiar, sendo uma cultura chave para a manutenção de empregos no campo e a sustentabilidade socioeconômica de comunidades rurais (IBGE, 2023). Essa

capilaridade produtiva é reforçada pelo seu alto potencial genético e capacidade de resposta às tecnologias modernas, como melhoramento genético, biotecnologia, fertilização de precisão e manejo fitossanitário. É uma das espécies mais estudadas em pesquisas científicas, especialmente por sua estrutura genômica bem caracterizada e por ser modelo em programas de desenvolvimento de híbridos e variedades adaptadas (CRUZ et al., 2013).

O milho destaca-se também por sua versatilidade de uso: além da produção de grãos para consumo humano e animal, a cultura possibilita a produção de silagem, milho verde, etanol e uma série de coprodutos industriais, agregando valor e diversificando as cadeias produtivas. A utilização de resíduos culturais para silagem ou bioenergia amplia ainda mais a viabilidade econômica da lavoura, favorecendo sistemas de produção integrados e sustentáveis.

Dessa forma, a cultura do milho assume posição estratégica na agricultura brasileira, não apenas como produto comercializável, mas como vetor de desenvolvimento tecnológico, econômico e social, sendo um dos pilares que sustentam a competitividade do agronegócio nacional no cenário global.

## 2.2 BIOLOGIA E IMPACTO DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* NA CULTURA DO MILHO

A *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma das pragas mais agressivas e economicamente importantes da cultura do milho em todo o continente americano. Trata-se de uma espécie polífaga, capaz de se desenvolver em mais de 80 hospedeiros diferentes, mas que tem no milho sua principal planta-alvo em países tropicais (MONTEZANO et al., 2018).

A biologia da lagarta confere elevada capacidade de adaptação aos diferentes sistemas de produção e práticas de manejo. Os adultos são mariposas migratórias, com grande mobilidade e fecundidade, podendo ovipositar centenas de ovos por ciclo, o que favorece surtos populacionais em curtos períodos (SPECHT et al., 2019). As larvas, após a eclosão, se alojam nos cartuchos das plantas, onde permanecem protegidas de predadores naturais e da aplicação de defensivos químicos, dificultando seu controle (FERREIRA et al., 2008).

Os danos causados pela *S. frugiperda* são significativos em todas as fases da cultura. Em estágios iniciais, as lagartas raspam folhas e podem comprometer o meristema apical, prejudicando o desenvolvimento da planta. Em fases mais avançadas, causam desfolha intensa, atacam colmos e espigas, e favorecem o desenvolvimento de patógenos secundários (CRUZ et al., 1999). Estimativas apontam que, em situações de alta infestação, as perdas podem ultrapassar 30% da produtividade potencial (MENDES et al., 2011).

O ciclo de vida curto, aliado ao comportamento agressivo e à ampla distribuição geográfica, faz com que a *S. frugiperda* represente um dos principais desafios para a sustentabilidade da cultura do milho. Nos últimos anos, casos de resistência a inseticidas químicos e tecnologias transgênicas Bt têm sido relatados em diferentes regiões do Brasil, o que compromete ainda mais as ferramentas tradicionais de manejo e exige alternativas inovadoras (OMOTO et al., 2016).

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender com profundidade a biologia da praga e seu comportamento nas diferentes fases do desenvolvimento do milho, de forma a embasar estratégias integradas de controle, baseadas em monitoramento, rotação de modos de ação e novas moléculas inseticidas com mecanismos diferenciados de atuação.

### **2.3 RESISTÊNCIA DE *S. FRUGIPERDA*.**

Tradicionalmente, o controle de *S. frugiperda* tem sido, por décadas, realizado com inseticidas de contato e ingestão, especialmente em regiões tropicais onde a pressão da praga é constante e elevada. Entretanto, o uso intensivo e repetido de inseticidas com os mesmos mecanismos de ação tem acelerado o processo de seleção de populações resistentes, comprometendo a eficácia das moléculas disponíveis no mercado (SIEGFRIED et al., 2014; OMOTO et al., 2016).

No Brasil, há diversos relatos de resistência de *S. frugiperda* a diferentes grupos químicos, como os piretróides, organofosforados, carbamatos e mais recentemente, variedades geneticamente modificadas com proteínas Bt como Cry1F e Cry1Ab (FARIAS et al., 2014; OMOTO et al., 2016). No entanto, a exposição contínua a moléculas com mecanismos de ação semelhantes tem levado ao

desenvolvimento de populações resistentes (FARIAS et al., 2014; OMOTO et al., 2016).

Estudos realizados por Gassmann et al. (2011) e Bernardi et al. (2015) mostram que, mesmo com estratégias de refúgio adotadas em cultivos transgênicos, as populações da lagarta no Brasil vêm demonstrando capacidade de adaptação significativa. Isso se deve, em parte, à ausência de rotação efetiva de modos de ação e à adoção massiva de híbridos com uma única proteína Bt, o que intensifica a pressão seletiva sobre as populações naturais.

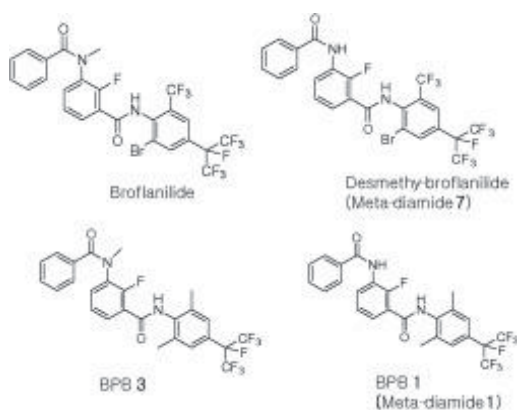
Outro fator agravante é a persistência residual limitada de muitos inseticidas de contato, o que requer aplicações frequentes em períodos curtos, elevando o risco de seleção de indivíduos menos suscetíveis. Essa situação não apenas compromete o controle da praga, como também eleva os custos de produção e aumenta os impactos ambientais associados ao uso excessivo de produtos fitossanitários (SILVA et al., 2020).

Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de diversificação dos mecanismos de ação utilizados no campo. A inserção de novas moléculas com modos de ação inéditos, como o Broflanilide, representa uma oportunidade promissora para o manejo de resistência, principalmente quando integradas a estratégias de manejo integrado de pragas (MIP) e rotação química fundamentada em bases técnico-científicas (IRAC, 2024).

## 2.4 BROFANILIDE: CARACTERÍSTICAS E MODO DE AÇÃO

O Broflanilide é um inseticida pertencente à classe química das benzamidas, enquadrando-se especificamente no subgrupo das meta-diamidas [3-benzamido- N - (4-(perfluoropropan-2-il)fenil)benzamidas] (FIGURA 2).

Figura 2 - ESTRUTURA QUÍMICA DO BROFANILIDE E METABÓLITOS RELACIONADOS DA CLASSE DAS META-DIAMIDAS



FONTE: NAKAO, Toshifumi; BANBA, Shinichi. (2016).

LEGENDA: Estruturas químicas do inseticida Broflanilide e de seus metabólitos ou compostos relacionados: Broflanilide; Desmethyl-broflanilide (Meta-diamide 7); BPB 3; e BPB 1 (Meta-diamide 1).

Essa nova classe de compostos foi desenvolvida pela Mitsui Chemicals Agro Inc., sendo uma inovação recente no cenário fitossanitário global. Essa molécula foi desenvolvida com o objetivo de oferecer um novo mecanismo de ação distinto: atua como modulador alostérico do canal de cloro regulado pelo ácido gama-aminobutírico (GABA), provocando hiperexcitação e paralisia nas pragas-alvo (NAKAO,2017), particularmente eficaz contra populações de pragas com histórico de resistência a inseticidas convencionais, como os piretróides e os inseticidas Bt (NAKAO; BANBA, 2016).

Foi sugerido que a broflanilida é metabolizada em desmetil-broflanilida e que atua como um antagonista não competitivo do receptor de ácido γ-aminobutírico (GABA) resistente à dieldrina (RDL), que regula a condução iônica no sistema nervoso

central dos insetos. Ao se ligar de forma não competitiva e irreversível a esse canal, o Broflanilide impede a entrada de íons cloro, promovendo hiperexcitação neuronal, convulsões e, posteriormente, a morte do inseto (NAKAO; BANBA, 2016; IRAC, 2024).

O sítio de ligação da desmetil-broflanilida demonstrou ser distinto daquele dos antagonistas não competitivos convencionais, como o fipronil (NAKAO; BANBA, 2016).

O Broflanilide representa, portanto, uma alternativa estratégica frente à crescente obsolescência de grupos químicos tradicionais, e encontra-se em fase de avaliação em diversas culturas, ainda sem registro definitivo no Brasil (IRAC, 2024).

Uma característica relevante do Broflanilide é que seu metabólito ativo — o desmetil-broflanilide — é quem efetivamente interage com o sítio-alvo no receptor GABA, o que confere maior seletividade e segurança para inimigos naturais e organismos não alvo. Essa especificidade metabólica o diferencia de moléculas clássicas como fipronil, com as quais não compartilha o mesmo sítio de ligação (NAKAO; BANBA, 2016). Além disso, estudos demonstram que o Broflanilide mantém alta eficácia contra pragas com mutações no ponto A2' do receptor GABA, associadas à resistência cruzada com outros inseticidas GABAérgicos, como os ciclodienos (IRAC, 2024).

A molécula apresenta ação por ingestão e por contato, sendo eficaz contra larvas de lepidópteros em diversos estágios de desenvolvimento.

Ainda em fase de registro no Brasil, o Broflanilide já vem sendo avaliado, com resultados promissores tanto em eficácia quanto em seletividade. Por se tratar de uma molécula com modo de ação único (Grupo IRAC 30), sua inserção em programas de Manejo Integrado de Pragas é altamente recomendada como estratégia para rotação de ingredientes ativos e mitigação da resistência (IRAC, 2024).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Primavera do Leste, sob condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotoperíodo natural. A temperatura média durante o período experimental variou entre  $26 \pm 2$  °C, com umidade relativa entre 65% e 85%.

Foram utilizadas sementes da cultivar Milho Cativerde 02, variedade desenvolvida pela CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), recomendada para todas as regiões do Brasil. Esta cultivar não possui tecnologia transgênica incorporada, o que a torna ideal para experimentos com inseticidas químicos, evitando interferências no controle biológico de *Spodoptera frugiperda*.

Trata-se de uma variedade de ciclo semi-precoce, com florescimento entre 62 e 64 dias e maturação em torno de 135 dias. As plantas atingem altura média de 2,40 metros, com inserção de espigas a 1,22 m., sendo apropriados tanto para o consumo humano quanto para a produção de silagem, com produtividade média de 5.700 kg/ha em grãos e até 50 toneladas/ha em massa verde.

A praga-alvo foi *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), cuja colônia foi mantida em laboratório sob dieta artificial, conforme metodologia adaptada de Greene et al. (1976), com indivíduos utilizados no estágio L2 para inoculação.

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições por tratamento, totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por um vaso com capacidade de 5 L, contendo uma planta de milho em pleno desenvolvimento vegetativo (V4–V5).

### 3.4 Aplicação dos tratamentos

As aplicações foliares foram realizadas com auxílio de pulverizador costal pressurizado com CO<sup>2</sup>, com bico leque plano (110.015), calibrado para garantir cobertura uniforme.

### 3.5 Inoculação das lagartas

Após a aplicação das plantas, foram inoculadas manualmente dez lagartas de *S. frugiperda* (estágio L2) e cinco lagartas de *S. frugiperda* (estágio L4) por planta, posicionadas no cartucho. O número de lagartas remanescentes foi avaliado após 3,7 e 10 dias da aplicação “A” (DAA), e a severidade dos danos foi mensurada utilizando a Escala Davis modificada (Figura X), com notas de 0 (sem dano) a 9 (dano severo com cartucho destruído).

### 3.6 Avaliação da Eficácia

Para a avaliação da eficiência dos inseticidas no controle de Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) na cultura do milho, foram realizadas as avaliações de incidência da praga nas plantas abrindo o voil de cada uma delas e contando número de lagartas por planta, separando a contagem em lagartas pequenas (menores que 10mm), lagartas grandes (maiores que 10mm) e lagartas totais, que foi a soma das duas avaliações anteriores. Foram realizadas ao todo 2 avaliações de incidência da praga, aos 3, 7 DAA. Para cada uma das avaliações realizadas foi calculado percentual de controle utilizando a fórmula proposta por ABBOTT, 1925, utilizando a testemunha como comparativo. Também foram realizadas avaliações de dano causado pela lagarta-do-cartucho na cultura do milho, utilizando como base a escala proposta por DAVIS et al., 1992, realizada aos 3 e 7 DAA.

### 3.7 Análise estatística

Os dados originais, referentes a incidência de lagartas pequenas, grandes e totais (nº médio), controle (%), notas de danos, foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas entre si por meio do teste de Tukey e a 5% de probabilidade. Para as análises foi utilizado o software ARM, versão 2025.2.

O ARM, desenvolvido pela GDM, é uma plataforma computacional projetada para análise e gerenciamento de análise estatístico de patógenos, pragas e plantas daninhas a agentes de controle, incluindo fungicidas, inseticidas e herbicidas. Sua arquitetura flexível permite a integração de dados multivariados e a aplicação de

modelos estatísticos avançados, adaptando-se a distintas classes de produtos e cenários agrícolas.

## APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### Contagem de Lagartas Pequenas e Controle (%)

No momento da infestação, cada planta recebeu 10 lagartas pequenas, simulando um cenário de alta pressão inicial. As contagens realizadas aos 3 e 7 DAA permitiram avaliar a eficiência dos tratamentos sobre indivíduos nos primeiros instares, estágio em que a suscetibilidade aos inseticidas tende a ser maior. O controle (%) foi calculado comparando-se as médias de sobreviventes com a testemunha não tratada. TABELA 2

Para uma visualização mais clara das tendências de eficácia entre os tratamentos, os dados de controle (%) foram representados graficamente. As figuras a seguir complementam a análise estatística apresentada nas tabelas, destacando o desempenho dose-resposta do Broflanilide e a comparação com os inseticidas padrão.

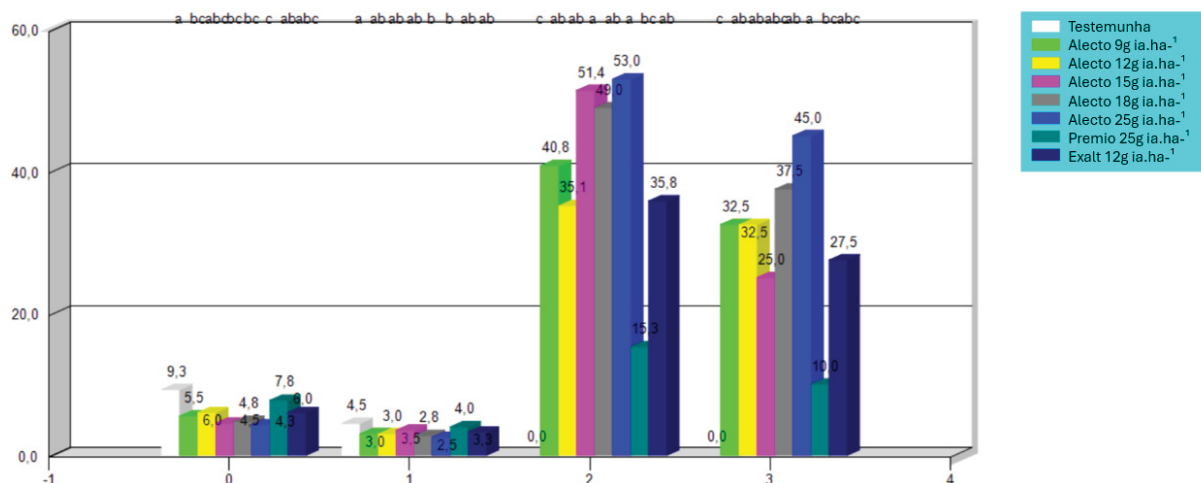
Tabela 2 - Efeito do Tratamento sobre Lagartas Pequenas de *Spodoptera frugiperda*.

| CONTAGEM DE LAGARTAS PEQUENAS E CONTROLE (%) |                          |                    |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Tratamentos                                  | Doses<br>p.c.<br>(ml/ha) | Doses g<br>(ia/ha) | 1a.Av.              | 2a.Av.              | Controle (%)        | Controle (%)        |
|                                              |                          |                    | 08/08/2025<br>3 DAA | 12/08/2025<br>7 DAA | 08/08/2025<br>3 DAA | 12/08/2025<br>7 DAA |
| 1 – Testemunha                               | ---                      | ---                | 9,3 a               | 7,8 a               | 0,0 c               | 0,0 d               |
| 2 - Alecto                                   | 40                       | 9                  | 5,5 bc              | 4,5 bc              | 40,8 ab             | 42,0 bc             |
| 3 - Alecto                                   | 53,3                     | 12                 | 6,0 abc             | 3,0 cd              | 35,1 ab             | 61,6 ab             |
| 4 - Alecto                                   | 66,7                     | 15                 | 4,5 bc              | 3,0 cd              | 51,4 a              | 61,2 ab             |
| 5 - Alecto                                   | 80                       | 18                 | 4,8 bc              | 2,5 cd              | 49,0 ab             | 67,4 ab             |
| 6 - Alecto                                   | 110                      | 25                 | 4,3 c               | 2,3 d               | 53,0 a              | 71,4 a              |
| 7 - PREMIO                                   | 125                      | 25                 | 7,8 ab              | 5,8 ab              | 15,3 bc             | 25,0 cd             |
| 8 - EXALT                                    | 100                      | 12                 | 6,0 abc             | 4,3 bcd             | 35,8 ab             | 45,1 abc            |
| CV (%)                                       | ---                      |                    | 23,07               | 21,33               | 41,9                | 25,19               |

Médias das quatro repetições referentes a contagem de lagartas pequenas e controle; as quais quando seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey e a 5% de significância

FONTE: Uehara, F. H. (2025)

**Gráfico 1 – Número de lagartas e eficácia de controle (%) sobre lagartas pequenas (L1-L3) de *Spodoptera frugiperda* aos 3 e 7 Dias Após a Aplicação (DAA).**



Os tratamentos com Broflanilide (Alecto®) nas doses de 15 a 25 g ia.ha<sup>-1</sup> apresentaram eficácia significativamente superior ( $p < 0,05$ ), ultrapassando 60% de controle, enquanto os padrões Premio® e Exalt® obtiveram eficácia inferior a 50%.

### Contagem de Lagartas Grandes e Controle (%)

Foram introduzidas 5 lagartas grandes por planta no momento da infestação, visando avaliar a eficácia dos tratamentos sobre estágios mais avançados e potencialmente mais tolerantes. As avaliações aos 3 e 7 DAA permitiram verificar a capacidade de mortalidade residual. O percentual de controle obtido nesta faixa indica a eficiência em conter indivíduos com maior potencial de consumo foliar. TABELA 3

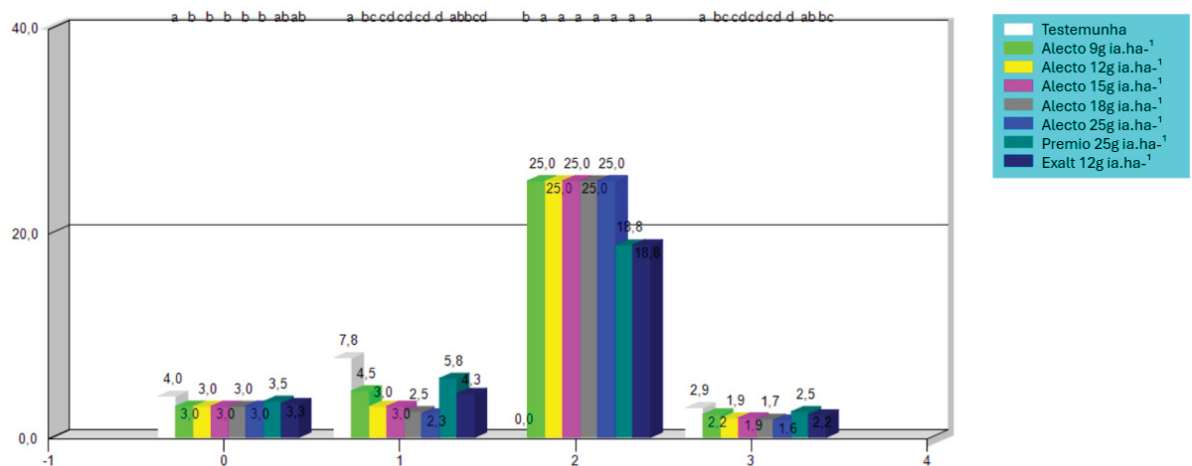
Tabela 3 - Eficácia do Controle em Lagartas Grandes de *Spodoptera frugiperda*.

| Contagem de Lagartas Grandes e controle (%) |                          |                       |                     |    |                     |     |                     |   |                     |     |
|---------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|----|---------------------|-----|---------------------|---|---------------------|-----|
| Tratamentos                                 | Doses<br>p.c.<br>(ml/ha) | Doses<br>g<br>(ia/ha) | 1a.Av.              |    | 2a.Av.              |     | Controle<br>(%)     |   | Controle<br>(%)     |     |
|                                             |                          |                       | 08/08/2025<br>3 DAA |    | 12/08/2025<br>7 DAA |     | 08/08/2025<br>3 DAA |   | 12/08/2025<br>7 DAA |     |
| 1 –<br>Testemunha                           | ---                      | ---                   | 4,0                 | a  | 2,3                 | a   | 0,0                 | b | 0,0                 | c   |
| 2 - Alecto                                  | 40                       | 9                     | 3,0                 | b  | 1,8                 | abc | 25,0                | a | 20,8                | bc  |
| 3 - Alecto                                  | 53,3                     | 12                    | 3,0                 | b  | 1,3                 | a-d | 25,0                | a | 41,7                | abc |
| 4 - Alecto                                  | 66,7                     | 15                    | 3,0                 | b  | 0,3                 | cd  | 25,0                | a | 87,5                | ab  |
| 5 - Alecto                                  | 80                       | 18                    | 3,0                 | b  | 0,5                 | bcd | 25,0                | a | 83,3                | ab  |
| 6 - Alecto                                  | 110                      | 25                    | 3,0                 | b  | 0,0                 | d   | 25,0                | a | 100,0               | a   |
| 7 - PREMIO                                  | 125                      | 25                    | 3,5                 | ab | 2,0                 | ab  | 18,8                | a | 12,5                | c   |
| 8 - EXALT                                   | 100                      | 12                    | 3,3                 | ab | 1,5                 | a-d | 18,8                | a | 37,5                | abc |
| <b>CV (%)</b>                               | ---                      | ---                   | 11,56               |    | 56,27               |     | 28,49               |   | 59,89               |     |

Médias das quatro repetições referentes a contagem de lagartas grandes e controle; as quais quando seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey e a 5% de significância

FONTE: Uehara, F. H. (2025)

**Gráfico 2 – Média do número de lagartas e eficácia de controle (%) sobre lagartas grandes (L4-L6) de *Spodoptera frugiperda* aos 3 e 7 Dias Após a Aplicação (DAA).**



Observa-se um efeito dose-resposta pronunciado para o Alecto, com a dose de 25g ia.ha<sup>-1</sup> atingindo 100% de controle. As doses mais altas de Broflanilide (18 e 25 ia.ha<sup>-1</sup>) foram significativamente mais eficazes que todos os outros tratamentos.

### Contagem de Lagartas Totais e Controle (%)

A soma das lagartas pequenas e grandes resultou no número total de indivíduos presentes por planta em cada avaliação. Essa métrica oferece uma visão consolidada da eficácia global dos tratamentos, combinando controle inicial e residual. O cálculo de controle (%) baseado na população total evidência quais produtos apresentaram performance consistente durante todo o período avaliado. TABELA 4

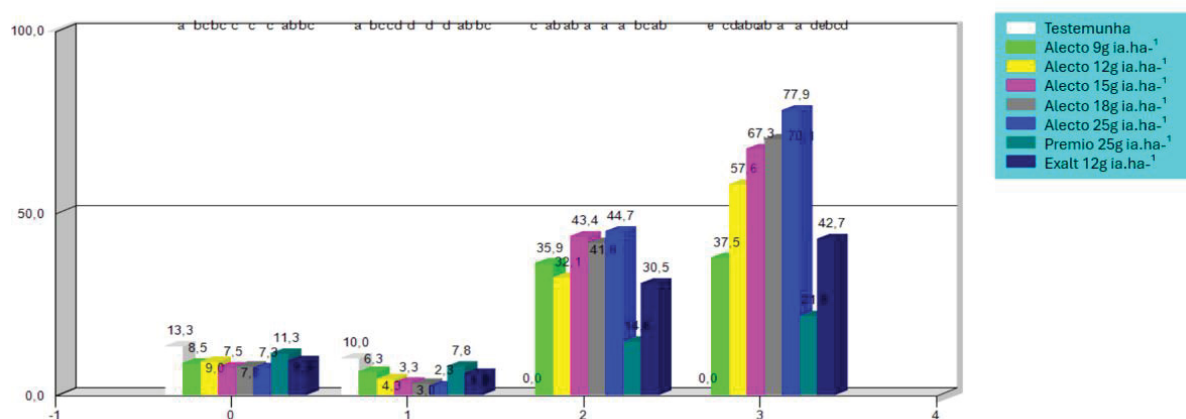
Tabela 4 - Contagem de Lagartas Totais e Controle (%)

| Contagem de Lagartas Totais e controle (%) |                          |                    |            |    |            |    |                 |    |                 |     |
|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------|------------|----|------------|----|-----------------|----|-----------------|-----|
| Tratamentos                                | Doses<br>p.c.<br>(ml/ha) | Doses<br>g (ia/ha) | 1a.Av.     |    | 2a.Av.     |    | Controle<br>(%) |    | Controle<br>(%) |     |
|                                            |                          |                    | 08/08/2025 |    | 12/08/2025 |    | 08/08/2025      |    | 12/08/2025      |     |
|                                            |                          |                    | 3 DAA      |    | 7 DAA      |    | 3 DAA           |    | 7 DAA           |     |
| 1 – Testemunha                             | ---                      | ---                | 13,3       | a  | 10,0       | a  | 0,0             | c  | 0,0             | e   |
| 2 - Alecto                                 | 40                       | 9                  | 8,5        | bc | 6,3        | bc | 35,9            | ab | 37,5            | cd  |
| 3 - Alecto                                 | 53,3                     | 12                 | 9,0        | bc | 4,3        | cd | 32,1            | ab | 57,6            | abc |
| 4 - Alecto                                 | 66,7                     | 15                 | 7,5        | c  | 3,3        | d  | 43,4            | a  | 67,3            | ab  |
| 5 - Alecto                                 | 80                       | 18                 | 7,8        | c  | 3,0        | d  | 41,6            | a  | 70,1            | a   |
| 6 - Alecto                                 | 110                      | 25                 | 7,3        | c  | 2,3        | d  | 44,7            | a  | 77,9            | a   |
| 7 - PREMIO                                 | 125                      | 25                 | 11,3       | ab | 7,8        | ab | 14,6            | bc | 21,6            | de  |
| 8 - EXALT                                  | 100                      | 12                 | 9,3        | bc | 5,8        | bc | 30,5            | ab | 42,7            | bcd |
| CV (%)                                     | ---                      | ---                | 15,99      |    | 19,65      |    | 36,16           |    | 23,21           |     |

Médias das quatro repetições referentes a contagem de lagartas totais e controle; as quais quando seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey e a 5% de significância

FONTE: Uehara, F. H. (2025)

**Gráfico 3 – Média de lagartas e eficácia de controle total (%) (lagartas pequenas + grandes) sobre *Spodoptera frugiperda* aos 3 e 7 Dias Após a Aplicação (DAA).**



A performance consolidada dos tratamentos confirma a superioridade das doses mais altas de Broflanilide (18 e 25 ia.ha<sup>-1</sup>), que proporcionaram entre 70,1% e 77,9% de controle total, respectivamente.

### Danos (Escala de Davis)

Os danos foliares foram avaliados utilizando a Escala de Davis, que classifica visualmente a severidade das injúrias de 0 (sem danos) a 9 (desfolha total). As leituras realizadas aos 3 e 7 DAA possibilitaram associar os índices de mortalidade larval à preservação da área foliar, permitindo identificar tratamentos que não apenas reduziram a população da praga, mas também minimizaram as perdas potenciais de produtividade. TABELA 5

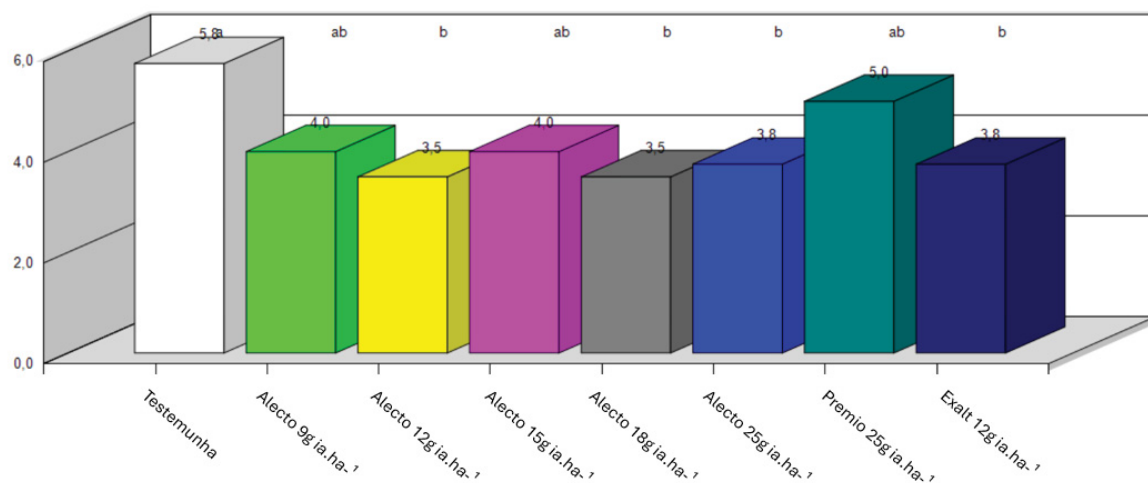
Tabela 5 - Danos segundo escala de Davis (%)

| Tratamentos    | Doses<br>(ml/ha) | p.c. | Doses<br>(ia/ha) | Danos |            |            |    |
|----------------|------------------|------|------------------|-------|------------|------------|----|
|                |                  |      |                  | g     | 1a.Av.     | 2a.Av.     |    |
|                |                  |      |                  |       | 08/08/2025 | 12/08/2025 |    |
|                |                  |      |                  |       | 3 DAA      | 7 DAA      |    |
| 1 – Testemunha | ---              |      | ---              | 4,5   | a          | 5,8        | a  |
| 2 - Alecto     | 40               |      | 9                | 3,0   | ab         | 4,0        | ab |
| 3 - Alecto     | 53,3             |      | 12               | 3,0   | ab         | 3,5        | b  |
| 4 - Alecto     | 66,7             |      | 15               | 3,5   | ab         | 4,0        | ab |
| 5 - Alecto     | 80               |      | 18               | 2,8   | b          | 3,5        | b  |
| 6 - Alecto     | 110              |      | 25               | 2,5   | b          | 3,8        | b  |
| 7 - PREMIO     | 125              |      | 25               | 4,0   | ab         | 5,0        | ab |
| 8 - EXALT      | 100              |      | 12               | 3,3   | ab         | 3,8        | b  |
| <b>CV (%)</b>  | ---              |      | ---              |       | 20,7       | 18,12      |    |

Médias das quatro repetições referentes a danos segundo escala Davis; as quais quando seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey e a 5% de significância

FONTE: Uehara, F. H. (2025)

**Gráfico 4 - Severidade de danos (Escala de Davis) causados por *Spodoptera frugiperda* aos 7 Dias Após a Aplicação (DAA).**



Notas mais baixas indicam menores danos às plantas. Os tratamentos com Alecto (doses  $\geq 18\text{g ia.ha}^{-1}$ ) e Exalt® foram estatisticamente iguais entre si e significativamente superiores à testemunha, resultando em danos visivelmente reduzidos.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da eficácia do inseticida Broflanilide, aplicado em diferentes doses (40 a 111 mL ha<sup>-1</sup>), demonstrou controle consistente sobre *Spodoptera frugiperda*, com tendência de aumento de eficiência proporcional à dose, especialmente aos 7 dias após aplicação (DAA). Nos parâmetros de controle de lagartas pequenas, as doses de 66,7 mL ha<sup>-1</sup> ou superiores atingiram níveis de eficiência acima de 60%, chegando a 71,4% com 111 mL ha<sup>-1</sup>, superando os padrões comerciais avaliados (Premio e Exalt). Para lagartas grandes, o desempenho do Broflanilide manteve-se estável em todas as doses, com destaque para as concentrações de 80 e 111 mL ha<sup>-1</sup>, que apresentaram 70,1% e 77,9% de controle, respectivamente, aos 7 DAA.

A partir da segunda dose testada ( $\geq 66,7$  mL ha<sup>-1</sup>), observou-se, mesmo na presença de indivíduos vivos durante as avaliações, um comportamento atípico caracterizado por acentuada redução da mobilidade, com posturas letárgicas e respostas motoras lentificadas. Tal fenômeno é consistente com o mecanismo de ação do Broflanilide, modulador alostérico do canal de cloro regulado por GABA, induzindo hiperexcitação neuronal seguida de paralisia funcional. Essa condição subletal refletiu-se na análise quantitativa dos danos foliares, evidenciando redução proporcional à dose, independentemente da sobrevivência aparente. A estatística de danos demonstrou que, embora alguns espécimes permanecessem vivos, sua capacidade de alimentação estava severamente comprometida, contribuindo significativamente para a eficácia agrônômica do tratamento.

O controle total (lagartas pequenas + grandes) reforça essa tendência, com incremento gradual da eficácia conforme a dose, atingindo 77,9% na maior concentração testada. Comparativamente, os padrões apresentaram desempenho inferior, com máximo de 45,1% (Exalt) e 25% (Premio) para lagartas pequenas, e 42,7% e 21,6% no controle total, respectivamente. Assim, conclui-se que Broflanilide apresenta elevada eficiência no manejo de *S. frugiperda*, com desempenho superior aos padrões avaliados e resposta positiva à elevação de dose, sendo a faixa entre 80 e 111 mL ha<sup>-1</sup> a mais indicada para maximizar o controle em condições similares às do experimento.

Assim, conclui-se que Broflanilide apresenta elevada eficiência no manejo de *S. frugiperda*, com desempenho superior aos padrões avaliados e resposta positiva à elevação de dose, sendo a faixa entre 80 e 110 mL/ha a mais indicada para maximizar o controle em condições similares às do experimento.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 18, n. 2, p. 265–267, 1925.

AMARAL, F. S. A.; GUIDOLIN, A. S.; SALMERON, E.; KANNO, R. H.; PADOVEZ, F. E. O.; FATORETTO, J. C.; OMOTO, C. Geographical distribution of Vip3Aa20 resistance allele frequencies in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Brazil. **Pest Management Science**, v. 76, n. 1, p. 169–178, 2020.

BELAY, D. K.; HUCKABA, R. M.; FOSTER, J. E. Susceptibility of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), at Santa Isabel, Puerto Rico, to different insecticides. **Florida Entomologist**, v. 95, n. 2, p. 476–478, 2012.

BERNARDI, D.; BERNARDI, O.; HORIKOSHI, R. J.; SALMERON, E.; OKUMA, D. M.; OMOTO, C. Biological activity of Bt proteins expressed in different structures of transgenic corn against *Spodoptera frugiperda*. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1019–1024, 2016b.

BERNARDI, D.; SALMERON, E.; HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Cross-resistance between Cry1 proteins in fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) may affect the durability of current pyramided Bt maize hybrids in Brazil. **PLoS ONE**, v. 10, n. 10, e0140130, 2015.

BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OKUMA, D. M.; MIRALDO, L. L.; FATORETTO, J.; MEDEIROS, F. C. L.; BURD, T.; OMOTO, C. Selection and characterization of resistance to the Vip3Aa20 protein from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, v. 72, n. 9, p. 1727–1736, 2016a.

BERTA, D. C.; VIRLA, E. G.; COLOMO, M. V.; VALVERDE, E. L. Efecto en el parasitoide *Campoletis grioti* de un insecticida usado para el control de *Spodoptera frugiperda* y aportes a la bionomía del parasitoide. **Revista Manejo Integrado de Plagas**, v. 57, p. 65–70, 2000.

CHANDRASENA, D. I.; SIGNORINI, A. M.; ABRATTI, G.; STORER, N. P.; OLACIREGUI, M. L.; ALVES, A. P.; PILCHER, C. D. Characterization of field-evolved resistance to *Bacillus thuringiensis*-derived Cry1F  $\delta$ -endotoxin in *Spodoptera frugiperda* populations from Argentina. **Pest Management Science**, v. 74, n. 3, p. 746–754, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 11, n. 10, jul. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 25 maio 2024.

CRUZ, I. et al. Efficacy of broflanilide against resistant populations of *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, 2021.

CRUZ, I. **Lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1999. 20 p. (Circular Técnica, 20).

CRUZ, J. C. et al. **Milho: do plantio à colheita**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 202 p. (Circular Técnica, 202).

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn resistance to fall armyworm**. Mississippi: Mississippi State University, 1992. 9 p. (Technical Bulletin, 186).

EMBRAPA. Milho no Brasil: importância e desafios. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>. Acesso em: 25 maio 2024.

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v. 64, p. 150–158, 2014.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 7, p. 1625-1635, 2007.

FORNAZIERI, A. J. **Manual Brasil agrícola: principais produtos agrícolas**. São Paulo: Agropecuária, 1999. 527 p.

GUTIÉRREZ-MORENO, R.; MOTA-SANCHEZ, D.; BLANCO, C. A.; WHALON, M. E.; TERÁN-SANTOFIMIO, H.; RODRIGUEZ-MACIEL, J. C.; DIFONZO, C. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 792–802, 2019.

HUANG, F. Resistance of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to transgenic *Bacillus thuringiensis* Cry1F corn in the Americas: lessons and implications for Bt corn IRM in China. **Insect Science**, v. 28, n. 3, p. 574–589, 2021.

HUANG, F.; QURESHI, J. A.; MEAGHER, R. L.; REISIG, D. D.; HEAD, G. P.; ANDOW, D. A.; NI, X.; KERNS, D.; BUNTIN, G. D.; NIU, Y.; YANG, F.; DANGAL, V. Cry1F resistance in fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: Single gene versus pyramided Bt maize. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, e112958, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal.html>. Acesso em: 25 maio 2024.

IRAC. **IRAC Mode of Action Classification Scheme**. Versão 10.2, maio 2024. Disponível em: <https://irac-online.org/modes-of-action/>. Acesso em: 25 maio 2024.

KENIS, M.; BENELLI, G.; BIONDI, A.; CALATAYUD, P. A.; DAY, R.; DESNEUX, N.; HARRISON, R. D.; KRITICOS, D.; RWOMUSHANA, I.; VAN DEN BERG, J. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Entomologia Generalis**, v. 43, n. 2, p. 187–241, 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). **Balança Comercial do Agronegócio 2022**. Brasília, DF: MAPA, 2023.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M. S.; WAQUIL, J. M. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 239–244, 2011.

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.

NAKAO, T. Mechanisms of resistance to insecticides targeting RDL GABA receptors in planthoppers. **NeuroToxicology**, v. 60, p. 293–298, 2017.

NAKAO, T.; BANBA, S. Broflanilide: a meta-diamide insecticide with a novel mode of action. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 24, n. 3, p. 372–377, 2016.

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.

PITRE, H. N. Relationship of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) from Florida, Honduras, Jamaica and Mississippi: susceptibility to insecticides with reference to migration. **Florida Entomologist**, v. 71, n. 1, p. 56-61, 1988.

SANTOS-AMAYA, O. F. et al. Resistance to dual-gene Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: Selection, inheritance, and cross-resistance to other transgenic events. **Scientific Reports**, v. 5, 18243, 2015.

SANTOS, R. N. et al. Monitoring of resistance to broflanilide in Brazilian populations of *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Economic Entomology**, 2023.

SIEGFRIED, B. D. et al. Ten years of monitoring for resistance to Bt in North America: what have we learned? **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 110, p. 1–9, 2014.

SILVA, F. C. et al. Cadeia produtiva do milho: potencialidades e gargalos. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, 2020.

SOGORB, M. A.; VILANOVA, E. Enzymes involved in the detoxification of organophosphorus, carbamate and pyrethroid insecticides through hydrolysis. **Toxicology Letters**, v. 128, p. 215–228, 2002.

SPECHT, A.; SÓSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; VALDUGA, E.; GONZATTI, F.; SCHUH, S. M.; CARNEIRO, E. Biotic Potential and Life Tables of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), *Rachiplusia nu*, and *Trichoplusia ni* on soybean and forage turnip. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 5, p. 8, 2019.

STORER, N. P.; BABCOCK, J. M.; SCHLENZ, M.; MEADE, T.; THOMPSON, G. D.; BING, J. W.; HUCKABA, R. M. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 4, p. 1031–1038, 2010.

TUKEY, J. W. The problem of multiple comparisons. Mimeographs Princeton University, Princeton, NJ, 1953.

WAN, J.; HUANG, C.; LI, C. Y.; ZHOU, H. X.; REN, Y. L.; LI, Z.; WAN, F. Biology, invasion and management of the agricultural invader: fall armyworm, *Spodoptera*

*frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 646–663, 2021.

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, 1991.