

UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

QUALIDADE DA APLICAÇÃO E PROBABILIDADE DE CONTROLE
DA LAGARTA EM MILHO

DIEGO RANGEL CANOSSA

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL

2025

DIEGO RANGEL CANOSSA

**QUALIDADE DA APLICAÇÃO E PROBABILIDADE DE CONTROLE DA
LAGARTA EM MILHO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2025**

Universidade de Rio Verde
Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – (CIP)

Canossa, Diego Rangel

C229q

Qualidade da aplicação e probabilidade de controle da lagarta em milho. /
Diego Rangel Canossa. - 2025.
43 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo.

Coorientador: Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza.

Dissertação (Mestrado) — Universidade de Rio Verde - UniRV,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de
Agronomia, 2025.

Inclui lista de figuras e tabelas.

1. Pulverização agrícola. 2. Eficiência em cobertura. 3. Pontas
hidráulicas. 4. *Spodoptera frugiperda*. 5. Probabilidade de controle. I.
Carmo, Eduardo Lima do. II. Souza, Matheus de Freitas. III. Título.

CDD: 632.95

Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158

DIEGO RANGEL CANOSSA

“QUALIDADE DA APLICAÇÃO E PROBABILIDADE DE CONTROLE DA LAGARTA EM MILHO”

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVAÇÃO: 28 de julho de 2025

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO LIMA DO CARMO**
Data: 18/08/2025 17:34:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo
Presidente da Banca Examinadora
Membro – PPGPV/UniRV

Documento assinado digitalmente
 **MATHEUS DE FREITAS SOUZA**
Data: 20/08/2025 14:44:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Coorientador
Membro – PPGPV/UniRV

Documento assinado digitalmente
 **JARDEL LOPES PEREIRA**
Data: 19/08/2025 09:39:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jardel Lopes Pereira
Membro Externo - IFGoiano

Documento assinado digitalmente
 **MAYARA CRISTINA LOPES**
Data: 18/08/2025 18:00:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr^a. Mayara Cristina Lopes
Membro – PPGPV/UniRV

DEDICATÓRIA

A minha família, meu alicerce inabalável, cujo amor e apoio tornaram possível cada passo da caminhada.

A minha esposa Naiara de Almeida Rabelo Canossa, pelo companheirismo de todas as horas, incentivo constante, paciência e compreensão, nos momentos mais desafiadores. Seu apoio incondicional foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Aos meus filhos: Enzo de Almeida Canossa e Gael de Almeida Canossa, que são minha maior inspiração e força. Que esta conquista sirva como exemplo de que, com dedicação e perseverança, podemos alcançar nossos sonhos.

AGRADECIMENTO

A Deus, por me conceder saúde e forças para concluir esta jornada.

A minha família, meu alicerce incondicional, pois sem seu apoio nada seria possível.

A equipe do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelo excelente trabalho e dedicação.

Aos funcionários da Universidade de Rio Verde, sendo essenciais ao longo deste percurso.

Ao meu orientador Eduardo Lima do Carmo e Coorientador Matheus de Freitas Souza, pelas presenças constantes e orientações valiosas.

À Universidade de Rio Verde – UniRV e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG, pela concessão de bolsa de estudos.

E a todos, que de alguma forma, contribuíram para esta caminhada, expresso aqui, minha sincera gratidão!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Cultura do Milho.....	2
2.2 Lagarta-do-cartucho.....	3
2.3 Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1 Localização do experimento.....	5
3.2 Arranjo experimental.....	5
3.3 Condições experimentais.....	6
3.4 Avaliação da densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição de calda...	6
3.4.1 Coleta dos pontos amostrais.....	6
3.4.2 Determinação da densidade de gotas e porcentagem de cobertura.....	7
3.4.3 Determinação da deposição de calda sobre o alvo.....	7
3.5 Determinação da probabilidade de controle.....	9
3.6 Análise estatísticas.....	11
3.6.1 Densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1 Cobertura (%), densidade (gotas cm ⁻²) e deposição (µg cm ⁻²) com utilização de diferentes pontas hidráulicas e taxas de aplicação.....	12
4.2 Probabilidade de controle da Lagarta do cartucho em milho sob utilização de diferentes pontas e taxas de aplicação.....	15
6 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
ANEXOS.....	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Alvo artificial posicionado no cartucho da planta de milho.....	7
FIGURA 2	Lavagem dos coletores (a) e leitura da absorbância das amostras no espectrofotômetro (b).....	8
FIGURA 3	Medição da área foliar.....	8

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Valores de densidade superficial obtidos em estudos já publicados na literatura para os respectivos produtos formulados: Pirate [®] , Verismo [®] e Avatar [®]	11
TABELA 2	Cobertura (%), obtida após a aplicação da calda (água + traçador + adjuvante) usando diferentes tipos de pontas hidráulicas e taxas de aplicação.....	12
TABELA 3	Densidade (gotas cm ⁻²) obtidas após a aplicação da calda (água + traçador + Adjuvante) usando diferentes tipos de pontas de pulverização e taxas de aplicação.....	13
TABELA 4	Deposição (µg cm ⁻²) obtidas após a aplicação da calda (água + traçador + Adjuvante) usando diferentes tipos de pontas de pulverização e taxas de aplicação.....	14
TABELA 5	Probabilidade de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V4, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao clorfenapir.....	16
TABELA 6	Probabilidade de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V8, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao clorfenapir.....	17
TABELA 7	Probabilidade de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V4, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao indoxacarbe.....	19

TABELA 8	Probabilidade de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V8, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao indoxacarbe.....	20
TABELA 9	Probabilidade de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V4, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao metaflumizone.....	22
TABELA 10	Probabilidade de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V8, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao metaflumizone.....	23

RESUMO

CANOSSA, D. R. MS., UniRV – Universidade de Rio Verde, julho de 2025. **Qualidade da aplicação e probabilidade de controle da lagarta em milho.** Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo. Coorientador: Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza.

A aplicação eficiente de defensivos agrícolas é essencial para o desempenho das culturas. Falhas nesse processo podem resultar em desperdício de recursos, o que eleva os custos de produção para o agricultor. Além disso, causam a contaminação do ecossistema, pois o produto se espalha, contaminando: o solo, a água e a vida selvagem. Por fim, o maior risco é para o ser humano, pois a exposição a resíduos tóxicos pode causar sérios problemas de saúde, especialmente para os trabalhadores rurais. O uso inadequado de: pontas hidráulicas, taxas de aplicação e a concentração de ingredientes ativos são os principais fatores que levam ao insucesso da pulverização agrícola. Pontas incorretas podem criar gotas muito grandes, que escorrem das folhas, ou muito pequenas, que são levadas pelo vento, causando perdas e contaminação. Taxas de aplicação incorretas, seja por excesso ou insuficiência, resultam em desperdício de produto ou na ineficácia do controle de pragas. Por fim, a concentração errada de ingredientes ativos, muitas vezes por uma diluição incorreta, pode não ser suficiente para eliminar o problema ou, em excesso, pode prejudicar a lavoura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da aplicação pulverizada e relacioná-la com a probabilidade de controle das populações de *Spodoptera frugiperda* provenientes de trabalhos já publicados, relacionando esses fatores com a probabilidade de controle da lagarta-do-cartucho no milho. O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade de Rio Verde (UniRV), durante a safrinha do milho de 2024. Foram avaliados dois estádios fenológicos V4 e V8, ambos em delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo duas taxas de aplicação (50 e 100 L ha⁻¹) e, três tipos de pontas hidráulicas de pulverização leque simples (XR110015), leque duplo (TXA80015) e cônica vazia (AD-02/D). Adicionou-se à calda o traçador Azul Brilhante, em dose fixa de 3.000 mg L⁻¹, sendo quantificada a deposição de calda (µg cm⁻²) através da espectrofotometria de absorção de luz. A densidade (gotas cm⁻²) e cobertura (%) foram avaliadas com emprego de papel hidrossensível ajustado às folhas do cartucho. A determinação da probabilidade de controle foi realizada com base na comparação entre os valores de Dose Letal 80% (DL80), expressos em µg cm⁻², obtidos de trabalhos já publicados para três inseticidas de referência, Avatar[®], Verismo[®], Pirate[®]. Diante da pesquisa realizada, concluiu-se que, as pontas leque simples e cone vazio foram mais eficientes, especialmente, no volume de 100 L ha⁻¹, alcançando uma probabilidade de controle superior a 90%. A maior taxa de aplicação proporcionou aumento da deposição volumétrica.

Palavras-chave: Deposição de calda, eficiência em cobertura, pontas hidráulicas de pulverização, *Spodoptera frugiperda*, volume de calda.

ABSTRACT

CANOSSA, D. R. M.Sc., UniRV – University of Rio Verde, July 2025. **Application quality and probability of control of the fall corn.** Advisor: Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo. Co-advisor: Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza.

The efficient application of agricultural pesticides is essential for crop performance. Failures in this process can result in wasted resources, increasing production costs for farmers. Furthermore, they cause ecosystem contamination, as the product spreads, contaminating soil, water, and wildlife. Finally, the greatest risk is to humans, as exposure to toxic residues can cause serious health problems, especially for farm workers. The improper use of hydraulic nozzles, application rates, and active ingredient concentration are the main factors leading to unsuccessful agricultural spraying. Incorrect nozzles can create droplets that are too large, which run off the leaves, or too small, which are carried by the wind, causing losses and contamination. Incorrect application rates, whether excessive or insufficient, result in product waste or ineffective pest control. Finally, the wrong concentration of active ingredients, often due to incorrect dilution, may not be sufficient to eliminate the problem, or, in excess, can harm the crop. Thus, the objective of this study was to evaluate the quality of the sprayed application and relate it to the probability of controlling *Spodoptera frugiperda* populations from previously published studies, relating these factors to the probability of controlling the fall armyworm in corn. The experiment was conducted in an experimental area of the University of Rio Verde (UniRV), during the 2024 corn second crop. Two phenological stages V4 and V8 were evaluated, both in a randomized block design, in a split-plot scheme, with four replicates, being two application rates (50 and 100 L ha⁻¹) and three types of hydraulic spray nozzles: single fan (XR110015), double fan (TXA80015) and empty cone (AD-02/D). The tracer Brilliant Blue was added to the spray solution at a fixed dose of 3,000 mg L⁻¹, and spray solution deposition (µg cm⁻²) was quantified using light absorption spectrophotometry. Droplet density (cm⁻²) and coverage (%) were assessed using water-sensitive paper fitted to the cartridge sheets. The control probability was determined by comparing the 80% Lethal Dose (LD80) values, expressed in µg cm⁻², obtained from previously published studies for three reference insecticides: Avatar®, Verismo®, and Pirate®. The study concluded that the simple fan and empty cone nozzles were more efficient, especially at a volume of 100 L ha⁻¹, achieving a control probability greater than 90%. The higher application rate resulted in increased volumetric deposition.

Key-words: Spray deposition, coverage efficiency, hydraulic spray nozzles, *Spodoptera frugiperda*, spray volume.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das mais importantes do mundo (Moraes et al., 2015). Segundo Duarte et al. (2017), seu uso tem um papel estratégico, tanto na alimentação humana e animal, quanto como insumo para diversos segmentos industriais, incluindo a produção de etanol, amido, óleo e bioplásticos. Atualmente, é a segunda cultura agrícola de maior relevância no Brasil, com uma estimativa de produção em torno de 125 milhões de toneladas para a safra 2024/2025, cultivada em uma área aproximada de 21,3 milhões de hectares (CONAB, 2025).

Nesse contexto, observa-se que entre 1986 e 2017 a produção de milho no Brasil cresceu 146,87%, enquanto a área cultivada aumentou apenas 14,36%. Esse descompasso evidencia a intensificação da produção, resultado da adoção de cultivares mais produtivas, da consolidação da segunda safra, bem como de melhorias no manejo e no controle fitossanitário. Tais avanços possibilitaram maior produtividade sem a necessidade de expandir significativamente a área plantada (Duarte et al., 2017).

Entretanto, apesar desses progressos, a cultura do milho enfrenta sérios desafios fitossanitários. A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) é considerada a principal praga da cultura no Brasil devido à sua capacidade de atacar a planta em diferentes estágios de desenvolvimento, desde as plântulas até os grãos em formação (Silva et al., 2020). Sua característica mais marcante é se alojar no cartucho da planta, onde consome as folhas mais internas com isso dificulta o controle e aumenta o potencial de dano (Wordell Filho et al., 2016).

As consequências da infestação podem ser severas. Estima-se que as perdas na produção alcancem até 60%, variando conforme: o genótipo da planta, o estágio de desenvolvimento, em que ocorre o ataque e a época de cultivo. Esse cenário reforça a necessidade de estratégias de manejo eficientes para reduzir os impactos da praga (Paredes-Sánchez et al., 2021).

Entre essas estratégias, destaca-se a importância da deposição do ingrediente ativo, fator essencial para que o pesticida alcance o alvo em quantidade suficiente para causar efeito. Sem deposição adequada, mesmo com produtos eficientes podem apresentar baixo desempenho no controle (Wang G et al., 2019). Além disso, quando a deposição é insuficiente, o controle se torna menos eficaz, deixando parte da população sem manejo adequado e gerando maiores prejuízos à produção (Xiao J et al., 2020). Por outro lado, o excesso de deposição pode ocasionar desperdício de produto e aumentar o risco de impactos negativos ao meio ambiente (Onwona-Kwakye M et al., 2020).

Outro aspecto relevante é que a exposição das pragas a doses subletais ou a aplicações frequentes de inseticidas exerce forte pressão seletiva, permitindo a sobrevivência de indivíduos com características genéticas favoráveis. Isso resulta no desenvolvimento gradual de resistência (Freeman et al., 2021), tornando o inseticida menos eficaz no controle populacional (Gao et al., 2022). Ademais, a redução excessiva na taxa de aplicação pode comprometer a cobertura do alvo, deixando áreas sem tratamento, o que favorece a sobrevivência das pragas e o ressurgimento de suas populações (Contiero et al., 2018).

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender como diferentes condições de aplicação podem influenciar o manejo da lagarta-do-cartucho. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da aplicação pulverizada, envolvendo: tipos de pontas de pulverização (leque simples, leque duplo e cone vazio), taxas de aplicação (50 e 100 L ha⁻¹) e populações de *Spodoptera frugiperda* provenientes de trabalhos já publicados, relacionando esses fatores com a probabilidade de controle da praga no milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do Milho

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é de grande importância socioeconômica no cenário agrícola mundial e, em especial, no Brasil, em que se destaca como uma das principais commodities. Seu uso é bastante versátil, abrangendo: alimentação humana, animal e a indústria. De acordo com Silva et al. (2020), o milho ocupa posição estratégica no agronegócio, em razão: de seu elevado rendimento, ampla adaptação e múltiplas formas de aproveitamento.

Nesse contexto, a produção de milho no Brasil caracteriza-se por sistemas diversificados de cultivo. Em regiões como o Centro-Oeste, predominam os cultivos em sucessão à soja, conhecidos como “safrinha”. Essa prática consolidou-se como alternativa para o uso eficiente da terra, contribuindo significativamente para o aumento da produtividade por área cultivada (Klein; Luna, 2022).

Além disso, o avanço da cultura está diretamente relacionado ao melhoramento genético e à adoção de tecnologias biotecnológicas. Entre essas inovações, destaca-se o milho transgênico (Bt), que confere resistência a insetos-praga, como a lagarta-do-cartucho, e tolerância a herbicidas, facilitando o manejo e reduzindo perdas (Freitas et al., 2021). No

entanto, o uso dessa tecnologia requer responsabilidade, sobretudo pela necessidade da manutenção de áreas de refúgio, medida essencial para retardar o desenvolvimento de populações resistentes (CTNBio, 2021).

Por fim, cabe destacar que cada fase de desenvolvimento do milho associa-se a componentes específicos da produtividade. Estresses climáticos ou a presença de pragas podem comprometer esses componentes em momentos distintos: entre VE e V4, pode ocorrer redução no número de espigas por área; de V5 a V8, no número de fileiras por espiga; de V8 até o início do reprodutivo, no número de grãos por fileira; durante a polinização, no número de óvulos fecundados; e de R1 a R6, no peso final dos grãos. Assim, torna-se essencial reduzir estresses ao longo de todo o ciclo para assegurar elevados patamares de produtividade (DuPont, 2004).

2.2 Lagarta-do-cartucho

Apesar dos avanços tecnológicos, o milho ainda enfrenta sérios desafios fitossanitários, entre os quais se destaca a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), uma praga de hábito polífago capaz de infestar diversas culturas, sobretudo gramíneas como milho, arroz, sorgo e cana-de-açúcar. Sua voracidade e elevado potencial de destruição conferem-lhe grande importância econômica (Buzzi, 2013).

As larvas apresentam coloração variável, do verde-claro ao marrom-escuro ou preto, com três linhas claras longitudinais no dorso e faixas escuras nas laterais. Também possuem cerdas inseridas em tubérculos escuros e pináculos pretos ao longo do dorso. Para identificação, destacam-se a marca em forma de “Y” invertido na cabeça e quatro pontuações escuras no penúltimo segmento abdominal, formando um quadrado característico (Rosa, 2011).

O ciclo biológico da espécie reforça seu potencial de dano. Cada fêmea adulta pode ovipositar entre 1.500 e 2.000 ovos ao longo de um ciclo de vida de 30 a 40 dias. Após cerca de três dias, as lagartas eclodem e iniciam a alimentação nas folhas mais jovens, realizando raspagens na superfície foliar. Ao final do estágio larval, migram para o solo, momento em que ocorre a pupação, seguida pelo surgimento das mariposas, que possuem elevada capacidade de voo e envergadura aproximada de 35 mm, com asas anteriores marrom-escuras e posteriores acinzentadas (Gallo et al., 2002).

Os danos variam conforme o estágio da cultura. Em plantas jovens, com até 30 dias, o ataque pode levar à morte das mudas, comprometendo o estande inicial. Em estádios mais avançados, a praga reduz a produtividade ao consumir o parênquima foliar no cartucho (broto central) e, eventualmente, os grãos da espiga (Cruz et al., 2012). A fase larval é a mais

prejudicial, pois as lagartas: raspam e perfuram as folhas, atacam intensamente o cartucho e, em infestações severas, podem perfurar o colmo, causando o sintoma conhecido como “coração morto”. Além dos danos diretos, as lesões favorecem a entrada de patógenos como fungos e bactérias, intensificando ainda mais as perdas (Wangen et al., 2015).

2.3 Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

Para reduzir os impactos das pragas e garantir o desempenho das lavouras, a aplicação de defensivos agrícolas por meio da pulverização é uma das práticas mais utilizadas. Nesse sentido, compreender adequadamente as técnicas envolvidas na operação é essencial, visto que falhas podem gerar perdas significativas de produtividade, além de representar riscos à saúde do aplicador e ao meio ambiente (Queiroz et al., 2016).

A chamada tecnologia de aplicação reúne um conjunto de conhecimentos científicos voltados ao aumento da eficiência das pulverizações. Trata-se de uma ferramenta indispensável, não apenas no controle de pragas, mas também de: doenças, plantas daninhas e na aplicação de fertilizantes foliares. Seu principal objetivo é garantir a deposição precisa do produto sobre o alvo biológico, assegurando eficácia agronômica, redução de custos e menor desperdício (Bonadio et al., 2015).

Entretanto, alguns fatores podem comprometer a eficiência dessa prática, sendo a deriva um dos mais críticos. Esse fenômeno pode acarretar sérios problemas, como danos a culturas vizinhas mais sensíveis, contaminação de corpos d’água e riscos de intoxicação de pessoas em áreas próximas às aplicações (Kruger; Antuniassi, 2019).

Diante disso, a escolha da ponta de pulverização assume caráter estratégico. Essa decisão deve considerar tanto o tipo de produto a ser utilizado quanto o alvo a ser atingido. Produtos sistêmicos, por exemplo, permitem a utilização de gotas maiores, reduzindo o risco de deriva. Já os produtos de contato exigem gotas menores ou maior volume de aplicação, a fim de assegurar cobertura uniforme, especialmente em alvos localizados em regiões de difícil acesso da planta (Antuniassi et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade de Rio Verde (UniRV) e em laboratório, situados no município de Rio Verde, Goiás, durante a safra de 2024, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS et al., 2018) sob sistema de plantio direto. As coordenadas geográficas do local são 17°47'06,49" S de latitude e 50°57'38,76" W de longitude, com altitude de 765 m.

3.2 Arranjo experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram alocadas duas taxas de aplicação, correspondentes aos volumes de 50 e 100 L ha⁻¹, obtidos por meio da variação da velocidade de operação do pulverizador (13,6 km h⁻¹ e 6,8 km h⁻¹, respectivamente). Nas subparcelas, foram avaliados três tipos de pontas hidráulicas, quanto a eficiência de aplicação: leque simples (XR110015), leque duplo (TXA80015) e cônica vazia (AD-02/D).

A escolha dessas pontas destaca-se por estarem entre as mais utilizadas pelos produtores rurais. A inclusão dessas três pontas no experimento visaram comparar a eficiência de aplicação em diferentes taxas de volume, relacionando padrão de Cobertura (%) Densidade (gotas cm⁻²) Deposição de calda (µg cm⁻²).

As parcelas experimentais foram constituídas com o híbrido de milho P3858PWU (Pioneer®), caracterizado por: precocidade, excelente potencial produtivo com estabilidade, boa sanidade foliar e elevada qualidade de colmo e raiz.

O plantio foi realizado no dia 15 de abril de 2024, com densidade final de 3,5 plantas, por metro linear, mantendo espaçamento de 0,5 m entre linhas. Cada parcela possuía 10 m de comprimento por 6 m de largura, totalizando 12 linhas de cultivo.

As avaliações foram realizadas em dois estádios de fenológicos da cultura do milho: V4 (quatro folhas completamente desenvolvidas, início da emissão do colmo e alongamento das bainhas das folhas) e V8 (oito folhas completamente expostas, com segundo nó do colmo visível e última folha ainda enrolada). As fases correspondem ao desenvolvimento vegetativo e a formação do cartucho, momento em que as lagartas tendem a se alojar, encontrando: abrigo,

alimento e proteção contra inimigos naturais e defensivos químicos. O ataque nesse período compromete diretamente ao desenvolvimento da planta, afetando a formação de folhas e, conseqüentemente, a produtividade (Cruz et al., 2012).

3.3 Condições experimentais

As aplicações foram realizadas com um pulverizador terrestre modelo Condor AM112 (Jacto), com capacidade volumétrica de 600 L, acoplado a um trator Agrale 5050 com tração dianteira auxiliar.

Para a instalação das pontas de pulverização avaliadas, foram fixadas quatro unidades de cada tipo em sequência na barra do pulverizador, com espaçamento de 0,5 metros entre elas e pressão de trabalho ajustada para 40 libras por polegada quadrada (lib pol⁻²).

Aos distintos volumes de calda aplicados foi adicionado um corante traçador (Azul brilhante FDC 1), na concentração igual a 3.000 mg L⁻¹, com o objetivo de avaliar a deposição da calda. Também foi adicionado óleo mineral (Assist[®] EC) na concentração de 0,25 % (v/v) na calda de pulverização, simulando uma condição real de aplicação dos inseticidas utilizados no controle da lagarta-do-cartucho-do-milho.

As aplicações foram realizadas, em condições ambientais adequadas à aplicação, com: temperatura do ar inferior a 30° C, umidade relativa do ar superior a 55% e velocidade média do vento entre 3 e 10 km h⁻¹. As variáveis meteorológicas foram obtidas utilizando um termo-higro-anemômetro portátil (Kestrel[®] 3000), posicionado a uma altura de 0,5 metro acima do dossel da cultura.

3.4 Avaliação da densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição de calda

3.4.1 Coleta dos pontos amostrais

Para a avaliação da deposição da pulverização, foram fixadas quatro papéis hidrossensíveis WSPAPER[®], (13 x 38 mm) (Figura 1), posicionadas em cartuchos de plantas selecionadas aleatoriamente, na área útil e central de cada sub parcela, correspondente ao intervalo dos bicos centrais do pulverizador. Após a aplicação, os papeis foram cuidadosamente removidos, acondicionadas entre folhas de papel absorvente e armazenadas, em recipiente opacos, com o objetivo de evitar a exposição à luz e preservar a integridade das manchas até a análise.



Fonte: Elaborado pelo autor.

FIGURA 1 - Alvo artificial posicionado no cartucho da planta de milho.

3.4.2 Determinação da densidade de gotas e porcentagem de cobertura

Após aplicação e remoção dos papéis hidrossensíveis, digitalizou-se o material coletado com um scanner, modelo Epson WorkForce DS-1630, em resolução equivalente a 600 dpi. As imagens obtidas foram analisadas pelo software Gotas[®], conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2000). Após a análise, as características de densidade de gotas (gotas cm⁻²) e porcentagem de cobertura (%) foram determinadas.

3.4.3 Determinação da deposição de calda sobre o alvo

Após a aplicação da calda, cinco cartuchos de milho, posicionados próximos aos locais, foram fixados, os papéis hidrossensíveis, sendo coletados, acondicionados em sacos plásticos e mantidos em geladeira a 5,0° C até a realização das análises laboratoriais. Posteriormente, os cartuchos foram lavados com 30 mL de água destilada, dentro de cada saco plástico, para extração do traçador (Figura 2A). O líquido resultante da lavagem foi acondicionado em copos plásticos sendo um para cada cartucho. Posteriormente, efetuou-se a leitura dessas soluções, em um espectrofotômetro (Figura 2B), regulado para medir a absorbância em um comprimento de onda de 630 nm (Palladini, 2000). Para tanto, retirou-se do líquido contido nos copos plásticos,

uma alíquota de 4 mL com uma seringa, quantidade esta colocada em um cubeta de vidro, sendo realizada a leitura.

Após a lavagem, as áreas foliares dos cartuchos (Figura 3) foram mensuradas a partir do medidor de área foliar ImageJ, sendo usado um objeto como referência (régua) ao lado da folha de cartucho, para ajustar a escala e convertidas as medidas de pixels para unidade reais em (cm²).



Fonte: Elaborado pelo autor.

FIGURA 2 - Lavagem dos coletores (a) e leitura da absorbância das amostras no espectrofotômetro (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

FIGURA 3 - Medição da área foliar.

Segundo Scudeler et al. (2004), os valores de absorvência, quando relacionados a diferentes concentrações do corante (traçador), permitem o estabelecimento de uma equação linear, utilizada para indicar a concentração do corante (mg L^{-1}) capturados pelo alvo durante aplicação.

Ao correlacionar a concentração do corante, na solução de lavagem das amostras, com a obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo através da seguinte equação:

$$\text{Equação 1: } V_i = \frac{C_f * V_f}{C_i}$$

onde C_i = concentração do corante na amostra (3.000 mg L^{-1}); V_i = volume capturado pelo alvo (mL); C_f = concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorvência e transformada para mg L^{-1} ; V_f = volume de diluição da amostra (30 mL).

Para estabelecer um padrão de comparação elaborou-se uma curva de calibração utilizando a calda coletada, diretamente do pulverizador, sendo acondicionada em um pote plástico escuro e mantida sob refrigeração ($4-8^\circ\text{C}$). Foram usadas diferentes concentrações do traçador (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e $1,0 \mu\text{L}$), como referência para as análises das amostras coletadas. A deposição experimental ($\mu\text{L cm}^{-2}$) sobre os cartuchos do milho foi determinada pela Equação 2 e Equação 3.

$$\text{Equação 2: } V_{dep} = \frac{C_c * V_e}{300}$$

onde: V_{dep} (mL) é o volume de calda depositado sobre os cartuchos, C_c é a concentração determinada pela curva de calibração a partir da absorvência medida e V_e é o volume de água usado para extração do traçador a partir dos cartuchos.

$$\text{Equação 3: } DEP_{exp} = \frac{V_{dep}}{LA} * 1000$$

Em que a DEP_{exp} é a deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$), V_{dep} é o volume depositado (mL) e LA é a área foliar total dos cartuchos amostrados (cm^2).

3.5 Determinação da probabilidade de controle

A determinação da probabilidade de controle da lagarta-do-cartucho foi realizada com base na comparação entre os valores de Dose Letal 80% (DL80), expressos em $\mu\text{g cm}^{-2}$, obtidos

de trabalhos já publicados para três inseticidas (Tabela 1) e os valores de dose efetiva (DSexp) estimados para cada combinação de volume de calda e concentração de inseticida simulada.

A relação entre a concentração aplicada e a probabilidade de controle foi modelada, por meio de regressão logística binomial, assumindo função de ligação logit, definida como: (ALAMIR et al., 2015).

$$\text{Equação 4: } \text{Logit}_p = B_0 + B_1 * \text{Log}_{10}(c)$$

onde:

- P é a probabilidade de controle estimada,
- β_0 é o intercepto do modelo,
- β_1 é o coeficiente de inclinação (slope),
- C é a concentração simulada do inseticida na calda de pulverização.

A probabilidade prevista para cada concentração específica foi obtida por:

$$\text{Equação 5: } P = \frac{1}{1 + e - (B_0 + B_1 \cdot \log_{10}(C))}$$

A qualidade do ajuste foi avaliada a partir da estimativa dos coeficientes (β_0 e β_1), erros-padrão, estatística Qui-quadrado (χ^2) e respectivos valores de significância. Para cada cenário de volume de calda e ponta de pulverização testados, foram geradas tabelas-resumo contendo os parâmetros do modelo e os valores estimados de concentração necessários para atingir níveis de probabilidade específicos, incluindo os respectivos intervalos de confiança (95%), garantindo que permanecessem entre 0 e 1.

A comparação com os valores de DL80 publicados permitiu classificar o controle como “satisfatório”, quando a dose simulada (DSexp) foi superior à DL80, ou “insatisfatório”, quando inferior. Para cada inseticida, foram simuladas 11 concentrações representando níveis de controle de aproximadamente 8 a 91% de probabilidade de controle, conforme o modelo ajustado.

As 11 concentrações simuladas utilizadas no estudo foram estabelecidas de modo a contemplar os limites mínimo e máximo possíveis da calda de pulverização para cada inseticida avaliado. Para isso, considerou-se a menor e a maior dose recomendada em bula, para cada produto comercial, divididas pelas duas taxas de aplicação testadas (50 e 100 L ha⁻¹), o que gerou os limites inferior e superior da concentração da calda, em cada cenário. Assim, os valores de referência foram: clorfenapir (3840–4800 µg L⁻¹) na taxa de 50 L ha⁻¹ e (1920–2400 µg L⁻¹) na taxa de 100 L ha⁻¹, indoxacarbe (900–1200 µg L⁻¹) na taxa de 50 L ha⁻¹ e (450–600 µg L⁻¹)

na taxa de 100 L ha⁻¹, metaflumizone (3840–4800 µg L⁻¹) na taxa de 50 L ha⁻¹ e (1920–2400 µg L⁻¹) na taxa de 100 L ha⁻¹.

A partir dessa faixa, selecionaram-se 11 concentrações crescentes, a saber: concentração zero (testemunha), cinco concentrações espaçadas, dentro dos limites (inclusive nos extremos), e cinco concentrações acima do limite superior, alcançando até 3,0 vezes esse valor máximo. Essa escolha assegura que o experimento cubra toda a faixa de resposta biológica esperada, desde a ausência de efeito, até potenciais concentrações extremas aplicação, permitindo a modelagem probabilística robusta da relação dose-resposta.

3.6 Análise estatísticas

3.6.1 Densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição

Para cada fase fenológica da planta, os dados obtidos no experimento foram primeiramente analisados, quanto à homogeneidade das variâncias, por meio do teste de Levene (1960) e quanto à normalidade dos resíduos utilizando o teste de Shapiro-Wilk (1965). Após a confirmação desses pressupostos estatísticos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) pelo teste F, adotando-se um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Quando constatadas diferenças estatísticas, entre os tratamentos, as médias foram submetidas à comparação, pelo teste de Tukey, também com nível de 5% de significância.

TABELA 1 - Valores de densidade superficial obtidos em estudos já publicados na literatura para os respectivos produtos formulados: Pirate[®], Verismo[®] e Avatar[®]

População	Local de Coleta	Grau de Susceptibilidade (µg cm ⁻²)	Produtos Formulados
SUS	População suscetível (referência)	0,12	**Avatar [®]
SUS	População suscetível (referência)	0,13	**Verismo [®]
SUS	População suscetível (referência)	0,32	*Pirate [®]
BA-48	Roda Velha - BA	0,34	**Avatar [®]
BA-44	São Desidério – BA	0,63	*Pirate [®]
GO-RV	Rio Verde – GO	0,37	**Verismo [®]
GO-RV	Rio Verde – GO	0,46	*Pirate [®]
GO-RV	Rio Verde – GO	0,57	**Avatar [®]
MT-43	Lucas do Rio Verde – MT	0,50	**Verismo [®]

*Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-019-01165-x>

**Disponível

:<https://academic.oup.com/jee/articleabstract/114/2/903/6144817?redirectedFrom=fulltext&login=false>

em

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cobertura (%), densidade (gotas cm⁻²) e deposição (µg cm⁻²) com utilização de diferentes pontas hidráulicas e taxas de aplicação

Como pode-se observar na (Tabela 2), houve diferença entre as pontas quando analisadas na taxa de 50 L ha⁻¹, uma vez que a cone vazio proporcionou maior cobertura comparada com as demais. Esses resultados indicam que, sob baixo volume de aplicação, a ponta cone vazio é mais eficiente na cobertura da superfície foliar, sendo assim indicada para inseticidas sistêmicos. Quando utilizadas em condições oportunas, pontas que produzem gotas finas, como a cone vazio, proporcionam melhor cobertura e penetração da calda, fatores essenciais para a eficácia no controle de pragas e doenças, especialmente em volumes reduzidos de aplicação (ANTUNIASSI, 2019).

Quando analisou-se a taxa de 100 L ha⁻¹, verificando que, houve um aumento na cobertura foliar em comparação à menor taxa. A ponta Cone vazio e o leque simples não diferiram entre si, sendo assim, indicadas para inseticidas de contato, que dependem da quantidade de gotas sobre a planta. De acordo com Maciel et al. (2017), embora apresentem maior potencial de deriva, as gotas de menor tamanho tendem a proporcionar uma cobertura mais eficiente sobre o alvo.

TABELA 2 - Cobertura (%), obtida após a aplicação da calda (água + traçador + adjuvante) usando diferentes tipos de pontas hidráulicas e taxas de aplicação

Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Cobertura (%)					
	Cone vazio		Leque duplo		Leque simples	
	Média	Erro padrão	Média	Erro padrão	Média	Erro padrão
V4						
50	15,10 aA	6,90	6,15 aB	3,19	8,72 aB	4,48
100	30,40 bA	11,03	16,76 bB	7,02	26,43 bA	9,03
V8						
50	14,47 aA	6,66	5,83 aB	3,01	8,29 aB	4,18
100	29,05 bA	10,31	16,23 bB	6,92	25,13 bA	8,82

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas colunas e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si nas linhas pelo teste de Tukey em $p \leq 0,05$.

Ao analisar as médias de densidade de gotas (gotas cm⁻²) (Tabela 3), observou-se que, com a aplicação de 50 L ha⁻¹, as pontas cone vazio e leque simples foram capazes de manter

densidades de gotas elevadas, tanto no estádio V4 quanto em V8. Essas densidades são, em geral, consideradas adequadas para uma boa cobertura, especialmente se o produto aplicado tiver ação de contato ou translaminar. Isso significa que é possível economizar água e aumentar a eficiência operacional (menor tempo de reabastecimento, maior autonomia do pulverizador) sem comprometer a qualidade da aplicação, desde que, as pontas sejam tecnicamente adequadas.

Por outro lado, a ponta leque duplo apresentou baixa densidade de gotas, com 50 L ha⁻¹, inferior a 80 gotas/cm², o que pode ser insuficiente, para aplicações eficazes, principalmente com produtos de contato. Neste caso, a eficiência de controle pode ficar comprometida.

Esses resultados indicam que, mesmo com o aumento do volume de calda, a escolha da ponta exerce maior impacto sobre a densidade de deposição do que a variação do volume em si. Segundo Matthews (2002), o número de (gotas cm⁻²), tem relevância significativa, no processo de aplicação, pois está diretamente relacionado às orientações fornecidas pelos fabricantes dos defensivos agrícolas.

TABELA 3 - Densidade (gotas cm⁻²) obtidas após a aplicação da calda (água + traçador + Adjuvante) usando diferentes tipos de pontas de pulverização e taxas de aplicação

Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Densidade (gotas cm ⁻²)					
	Cone vazio		Leque duplo		Leque simples	
	Média	Erro padrão	Média	Erro padrão	Média	Erro padrão
V4						
50	182,23 aA	83,72	77,77 aB	44,60	128,61 aA	78,54
100	148,01 aA	31,74	119,45 aA	46,14	174,82 aA	61,23
V8						
50	173,83 aA	79,64	74,17 aB	41,85	123,81 aA	77,04
100	142,03 aA	30,42	114,16 bB	43,09	166,07 aA	55,57

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas colunas e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si nas linhas pelo teste de Tukey em $p \leq 0,05$.

Quando analisou-se a deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$) (Tabela 4), observou-se que, no estádio V4, com a taxa de 50 L ha⁻¹, a ponta cone vazio destacou-se ao apresentar a maior deposição de calda, superando estatisticamente as pontas leque duplo e leque simples, que apresentaram desempenho semelhante entre si.

Ao aumentar a taxa para 100 L ha⁻¹, todas as pontas apresentaram incremento significativo na deposição, com a ponta leque simples alcançando o valor mais elevado, seguida pelo cone vazio, ambas superiores à leque duplo. Diferentemente do que foi relatado por Tavares et al. (2017), que empregou a tecnologia de aplicação de inseticidas no manejo da lagarta-do-cartucho na cultura do milho, demonstrou que, entre as pontas avaliadas, aquela associada ao menor volume de aplicação apresentou melhor desempenho em termos de deposição nas plantas, quando comparada ao maior volume utilizado.

TABELA 4 - Deposição ($\mu\text{g cm}^{-2}$) obtidas após a aplicação da calda (água + traçador + Adjvante) usando diferentes tipos de pontas de pulverização e taxas de aplicação

Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$)					
	Cone vazio		Leque duplo		Leque simples	
	Média	Erro padrão	Média	Erro padrão	Média	Erro padrão
V4						
50	3,5 aA	0,51	2,24 aB	0,49	2,42 aB	0,35
100	5,5 bA	0,78	4,33 bB	0,89	6,25 bA	1,01
V8						
50	4,41 aA	0,38	4,17 aA	0,48	4,75 aA	0,78
100	6,79 bA	0,41	4,77 bB	0,54	4,59 bB	0,45

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas colunas e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si nas linhas pelo teste de Tukey em $p \leq 0,05$.

Já no estágio V8, com 50 L ha⁻¹, não houve diferença significativa entre as pontas, o que sugere que a arquitetura mais complexa da planta neste estágio pode influenciar na uniformidade da pulverização, tornando o desempenho das pontas similar. Entretanto, ao utilizar a taxa de 100 L ha⁻¹, a ponta cone vazio destacou-se novamente, apresentando a maior deposição de calda e sendo estatisticamente superior às pontas leque simples e leque duplo, que mostraram valores inferiores e semelhantes entre si.

Os dados indicam que o aumento do volume de aplicação promoveu melhora significativa, na deposição do produto, mas o tipo de ponta continuou sendo um fator determinante de maneira geral, os maiores valores de deposição foram encontrados com as pontas cone vazio e leque simples trabalhando com a taxa de 100 L ha⁻¹. Segundo Vaz (2022), o aumento do volume de aplicação está diretamente relacionado ao incremento da cobertura, em superfícies tratadas, o que confirma os resultados observados neste estudo.

Destaca-se que, a ponta de jato cônico vazio, apresentou boa eficiência na deposição de gotas. Contudo, é importante salientar o risco elevado de deriva, devido à formação de gotas extremamente finas por esse tipo de ponta. De acordo com (ALVES et al., 2017) gotas classificadas como extremamente grossas e ultra grossas são mais adequadas, para situações em que a principal necessidade é minimizar o risco de deriva, durante a pulverização.

Do ponto de vista operacional, os resultados apresentaram, tanto vantagens, quanto desafios, sendo considerados, para uma decisão eficiente. A consistência da ponta cone vazio, em manter boa eficiência, em diferentes volumes e estádios indica que é uma opção confiável, para garantir a qualidade da aplicação, fator essencial para o sucesso no controle de pragas e doenças.

Por outro lado, embora o aumento da taxa de aplicação de 50 para 100 L ha⁻¹ favoreça a deposição da calda, essa estratégia acarreta maior consumo de água e insumos, além de demandar mais interrupções para reabastecimento. Esses fatores podem: comprometer a eficiência operacional, elevar os custos e prolongar o tempo necessário para a conclusão da pulverização. Conforme observado por Souza et al. (2012), a adoção de volumes reduzidos pode representar vantagens como: menor desgaste dos maquinários, economia de combustível e diminuição da demanda por mão de obra. Contudo, os autores enfatizam que essa prática requer aprimoramentos na tecnologia de aplicação a fim de assegurar a eficiência do processo.

4.2 Probabilidade de controle da Lagarta do cartucho em milho sob utilização de diferentes pontas e taxas de aplicação.

A análise da probabilidade de controle da *S. frugiperda*, com base nos dados de deposição obtidos nos estádios fenológicos V4 (Tabela 5) e V8 (Tabela 6) para o princípio ativo clorfenapir, revelou diferenças no desempenho entre os distintos tipos de pontas de pulverização. Essas variações se tornaram ainda mais evidentes, quando consideradas as diferentes taxas de aplicação utilizadas no experimento, evidenciando que, tanto o volume de calda, quanto a tecnologia de aplicação exercem influência direta, na eficácia do controle químico.

TABELA 5 - Probabilidade de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V4, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao clorfenapir

Taxa (L ha ⁻¹)	Ponta	Região	Probabilidade de controle		² Concentração da calda para alcançar 95% de probabilidade de controle (µg L ⁻¹)
			¹ Lim. Inf. (3840 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (4800 µg L ⁻¹)	
50	Leque simples	SUS	0,99	0,99	1671,0: 1672,7
		BA-44	0,96	0,97	3351,0: 3353,0
		GO-RV	0,98	0,99	2360,2: 2362,0
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	1469,9: 1471,2
		BA-44	0,97	0,98	2791,1: 2792,6
		GO-RV	0,81	0,83	22328,4: 22329,0
	Leque duplo	SUS	0,99	0,99	1262,7: 1263,9
		BA-44	0,70	0,74	44331,0: 44331,6
		GO-RV	0,76	0,79	31539,9: 31540,5
			¹ Lim. Inf. (1920 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (2400 µg L ⁻¹)	
100	Leque simples	SUS	0,99	0,99	446,1: 448,4
		BA-44	0,99	0,99	859,7: 862,7
		GO-RV	0,99	0,99	635,1: 637,8
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	630,1: 631,7
		BA-44	0,98	0,99	1205,9: 1207,9
		GO-RV	0,99	0,99	921,0: 922,8
	Leque duplo	SUS	0,97	0,98	1341,2: 1342,3
		BA-44	0,91	0,94	2626,8: 2628,0
		GO-RV	0,95	0,96	1887,0: 1888,1

¹Limite inferior e superior representa a mínima e máxima concentração da calda considerando a dose mínima e máxima recomendada pela bula do produto formulado Pirate® e as taxas de aplicação usadas; SUS = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população susceptível (0.32 µg cm⁻²); BA-44 = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em São Desidério—BA (0.63 µg cm⁻²); GO-RV = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Rio Verde—GO (0.46 µg cm⁻²); ²Intervalo de valores são referentes a um intervalo de confiança igual a 95% obtidos a partir dos modelos probit.

Nas taxas de aplicação de 50 L ha⁻¹ e 100 L ha⁻¹ as pontas do tipo leque simples e cone vazio demonstraram desempenho semelhante em relação à probabilidade de controle nas regiões BA-44, GO-RV e na população SUS (superior a 95% de probabilidade de controle), tanto para plantas em V4 quanto V8. Essa semelhança foi observada, tanto nas concentrações correspondentes à dose mínima, quanto à dose máxima recomendadas em bula, indicando que, nestas condições, ambas as pontas foram igualmente eficazes, independentemente da variação da concentração do produto.

TABELA 6 - Probabilidade de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V8, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao clorfenapir

Taxa (L ha ⁻¹)	Ponta	Região	Probabilidade de controle		² Concentração da calda para alcançar 95% de probabilidade de controle (µg L ⁻¹)
			¹ Lim. Inf. (3840 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (4800 µg L ⁻¹)	
50	Leque simples	SUS	0,99	0,99	1671,0: 1672,7
		BA-44	0,95	0,97	3608,0: 3610,4
		GO-RV	0,98	0,99	2360,2: 2362,0
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	1262,7: 1263,9
		BA-44	0,96	0,98	2656,5: 2658,1
		GO-RV	0,98	0,99	1950,3: 1951,9
	Leque duplo	SUS	0,80	0,83	22328,4: 22329,0
		BA-44	0,70	0,74	44331,0: 44331,6
		GO-RV	0,76	0,79	31539,9: 31540,5
			¹ Lim. Inf. (1920 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (2400 µg L ⁻¹)	
100	Leque simples	SUS	0,99	0,99	446,1: 448,4
		BA-44	0,99	0,99	859,7: 862,7
		GO-RV	0,99	0,99	768,2: 770,2
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	630,1: 631,7
		BA-44	0,98	0,99	1205,9: 1207,9
		GO-RV	0,99	0,99	921,0: 922,8
	Leque duplo	SUS	0,97	0,98	1398,6: 1399,7
		BA-44	0,97	0,94	2733,6: 2734,9
		GO-RV	0,95	0,96	1964,2: 1965,4

¹Limite inferior e superior representa a mínima e máxima concentração da calda considerando a dose mínima e máxima recomendada pela bula do produto formulado Pirate® e as taxas de aplicação usadas; SUS = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população susceptível (0.32 µg cm⁻²); BA-44 = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em São Desidério—BA (0.63 µg cm⁻²); GO-RV = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Rio Verde—GO (0.46 µg cm⁻²); ²Intervalo de valores são referentes a um intervalo de confiança igual a 95% obtidos a partir dos modelos probit.

A ponta do tipo leque duplo apresentou baixa probabilidade de controle na taxa de aplicação de 50 L ha⁻¹ nas regiões avaliadas, com valores (inferiores a 90% de probabilidade de controle), quando comparada às demais pontas, evidenciando um desempenho insatisfatório sob esse volume. Nestas condições, seria necessário aumentar significativamente a concentração do produto para atingir 95% de probabilidade de controle, o que implicaria em doses do ingrediente ativo superiores às recomendadas no produto formulado prática não permitida pela legislação vigente.

Por outro lado, com a utilização da taxa de 100 L ha⁻¹, observou-se uma melhora expressiva na eficácia da ponta leque duplo, com aumento na probabilidade de controle nas mesmas regiões. O resultado indica que a referida ponta é capaz de proporcionar deposição adequada do ingrediente ativo no cartucho do milho, desde que se realize o ajuste do volume de calda.

A ponta leque duplo apresenta desempenho limitado em volumes baixos, como 50 L ha⁻¹, devido à geração de gotas maiores e menor densidade de cobertura, o que reduz a deposição em regiões protegidas da planta, como o cartucho do milho. Cunha et al. (2010), mostram que pontas desse tipo produzem gotas com maior diâmetro volumétrico médio em baixos volumes, resultando em cobertura insuficiente para alvos internos como o cartucho do milho.

A análise da probabilidade de controle da *S. frugiperda*, considerando os dados de deposição obtidos nos estádios fenológicos V4 (Tabela 7) e V8 (Tabela 8) com a aplicação do princípio ativo indoxacarbe, evidenciou diferenças no desempenho, entre os diferentes tipos de pontas de pulverização.

Essas variações tornaram-se ainda mais pronunciadas quando avaliadas sob distintas taxas de aplicação, o que reforça a importância da calibração adequada no volume de calda e na escolha da ponta adequada para maximizar a deposição e, consequentemente, a eficácia do controle químico.

Conforme observado nos estádios V4 (Tabela 7) e V8 (Tabela 8), as pontas do tipo leque simples e cone vazio apresentaram elevada eficiência, com probabilidade de controle (superior a 98%) na região avaliada com a população suscetível (SUS) de *S. frugiperda*. No entanto, ao se considerar os dados das regiões BA-48 e GO-RV, houve uma queda expressiva no desempenho, com a probabilidade de controle ficando (inferior a 90%) para as mesmas pontas.

Ao analisar o desempenho da ponta do tipo leque duplo, observou-se que, na taxa de aplicação de 50 L ha⁻¹ (Tabelas 7 e 8), a probabilidade de controle da *S. frugiperda* foi consideravelmente baixa, ficando abaixo de 80% nas regiões BA-48, GO-RV e mesmo nas populações suscetíveis (SUS). Esse comportamento foi consistente, tanto para as plantas avaliadas no estágio V4, quanto em V8, indicando que, sob esse volume de calda, a eficiência da ponta leque duplo é limitada, independentemente do estágio fenológico da cultura.

TABELA 7 - Probabilidade de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V4, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao indoxacarbe

Taxa (L ha ⁻¹)	Ponta	Região	Probabilidade de controle		² Concentração da calda para alcançar 95% de probabilidade de controle (µg L ⁻¹)
			¹ Lim. Inf. (900 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (1200 µg L ⁻¹)	
50	Leque simples	SUS	0,98	0,99	589,4: 590,6
		BA-48	0,41	0,58	3652,9: 3654,8
		GO-RV	0,54	0,70	2960,1: 2962,0
	Cone vazio	SUS	0,98	0,99	476,8: 477,8
		BA-48	0,64	0,77	3106,1: 3107,8
		GO-RV	0,73	0,82	2444,1: 2445,8
	Leque duplo	SUS	0,74	0,79	7922,2: 7922,6
		BA-48	0,39	0,45	48329,5: 48330,2
		GO-RV	0,46	0,52	43716,3: 43716,9
			¹ Lim. Inf. (450 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (600 µg L ⁻¹)	
100	Leque simples	SUS	0,99	0,99	160,1: 161,7
		BA-48	0,57	0,78	980,2: 983,2
		GO-RV	0,72	0,88	785,5: 788,4
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	221,5: 222,6
		BA-48	0,51	0,69	1334,6: 1336,6
		GO-RV	0,61	0,77	1155,0: 1157,0
	Leque duplo	SUS	0,95	0,97	472,1: 472,9
		BA-48	0,32	0,45	3009,8: 3011,1
		GO-RV	0,40	0,54	2462,6: 2463,8

¹Limite inferior e superior representa a mínima e máxima concentração da calda considerando a dose mínima e máxima recomendada pela bula do produto formulado Avatar® e as taxas de aplicação usadas; SUS = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população susceptível (0.12 µg cm⁻²); BA-48 = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Roda Velha – BA (0.34 µg cm⁻²); GO-RV = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Rio Verde—GO (0.57 µg); ²Intervalo de valores são referentes a um intervalo de confiança igual a 95% obtidos a partir dos modelos probit.

Por outro lado, ao elevar a taxa de aplicação para 100 L ha⁻¹, observou-se uma melhora significativa na eficiência do controle da *S. frugiperda* nas populações suscetíveis (SUS), com probabilidade de controle (superior a 90%) tanto nas plantas em estágio V4, quanto em V8. O resultado indica que o aumento do volume de calda favorece uma melhor cobertura e deposição do produto, otimizando a ação do inseticida.

TABELA 8 - Probabilidade de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V8, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao indoxacarbe

Taxa (L ha ⁻¹)	Ponta	Região	Probabilidade de controle		² Concentração da calda para alcançar 95% de probabilidade de controle (µg L ⁻¹)
			¹ Lim. Inf. (900 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (1200 µg L ⁻¹)	
50	Leque simples	SUS	0,98	0,99	589,4: 590,6
		BA-48	0,41	0,58	3652,9: 3654,8
		GO-RV	0,54	0,69	2960,13: 2962,0
	Cone vazio	SUS	0,98	0,99	476,8: 477,8
		BA-48	0,64	0,75	3106,2: 3107,8
		GO-RV	0,73	0,82	2444,2: 2445,8
	Leque duplo	SUS	0,74	0,79	7922,3: 7922,7
		BA-48	0,39	0,45	48329,6: 48330,2
		GO-RV	0,43	0,49	38969,3: 38969,9
			¹ Lim. Inf. (450 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (600 µg L ⁻¹)	
100	Leque simples	SUS	0,99	0,99	160,2: 161,7
		BA-48	0,56	0,78	980,2: 983,3
		GO-RV	0,72	0,88	785,5: 788,4
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	221,6: 222,6
		BA-48	0,51	0,69	1334,7: 1336,7
		GO-RV	0,64	0,80	1090,9: 1092,9
	Leque duplo	SUS	0,94	0,96	472,2: 472,9
		BA-48	0,31	0,44	2943,7: 2945,3
		GO-RV	0,40	0,55	2370,6: 2372,1

¹Limite inferior e superior representa a mínima e máxima concentração da calda considerando a dose mínima e máxima recomendada pela bula do produto formulado Avatar® e as taxas de aplicação usadas; SUS = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população susceptível (0.12 µg cm⁻²); MT-43 = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Roda Velha – BA (0.34 µg cm⁻²); GO-RV = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Rio Verde—GO (0.57 µg); ²Intervalo de valores são referentes a um intervalo de confiança igual a 95% obtidos a partir dos modelos probit.

No entanto, ao analisar os resultados específicos das regiões BA-48 e GO-RV, observou-se que, a ponta do tipo leque duplo apresentou desempenho insatisfatório, na probabilidade de controle, mesmo quando utilizada em conjunto com a maior taxa de aplicação. As probabilidades de controle obtidas ficaram significativamente abaixo do esperado, não atingindo os 80% consideradas tecnicamente desejáveis. Esses dados indicam que, embora o aumento do volume possa favorecer a deposição, a escolha do tipo de ponta continua sendo um fator determinante, para a eficácia da aplicação, especialmente, em diferentes condições regionais.

As variações observadas sugerem que, possivelmente, a quantidade de ingrediente ativo depositado nas plantas não foi suficiente para atingir uma concentração eficaz, comprometendo à obtenção de uma probabilidade de controle superior a 90%. Diante desse cenário, seria necessário aumentar de forma expressiva a concentração do produto para atingir 95% de probabilidade de controle. No entanto, isso demandaria aplicação de doses do ingrediente ativo superiores às recomendadas em bula, prática proibida pela legislação vigente e que, além disso, pode favorecer o desenvolvimento de resistência da lagarta-do-cartucho ao inseticida.

A avaliação da probabilidade de controle da *S. frugiperda*, com base na deposição do princípio ativo metaflumizone nos estádios de desenvolvimento V4 (Tabela 9) e V8 (Tabela 10), revelou variações no desempenho entre os diferentes tipos de pontas de pulverização testadas. Essas diferenças se tornaram ainda mais evidentes quando analisadas, em função das distintas taxas de aplicação adotadas no experimento, indicando que, tanto o volume de calda, quanto a tecnologia de aplicação exercem papel crucial, na eficácia do controle químico.

Nas taxas de aplicação de 50 e 100 L ha⁻¹, as pontas do tipo leque simples e cone vazio demonstraram desempenho semelhante, em relação à probabilidade de controle da *S. frugiperda*, nas regiões MT-43, GO-RV e na população suscetível (SUS), alcançando níveis de controle (superiores a 90%). Essa eficácia foi observada de forma consistente, tanto em plantas no estágio fenológico V4, quanto em V8, evidenciando a estabilidade do desempenho dessas pontas, ao longo do desenvolvimento da cultura.

Além disso, essa equivalência de resultados foi constatada para ambas as concentrações testadas, correspondentes às doses mínima e máxima recomendadas, na bula do produto, o que reforça a versatilidade e eficiência dessas pontas de pulverização. Os dados sugerem que, sob condições adequadas de aplicação, tanto a ponta leque simples, quanto a cone vazio são alternativas tecnicamente viáveis, com potencial para garantir um controle eficaz da praga, mesmo diante de variações, nas doses de metaflumizone.

TABELA 9 - Probabilidade de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V4, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao metaflumizone

Taxa (L ha ⁻¹)	Ponta	Região	Probabilidade de controle		² Concentração da calda para alcançar 95% de probabilidade de controle (µg L ⁻¹)
			¹ Lim. Inf. (3840 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (4800 µg L ⁻¹)	
50	Leque simples	SUS	0,99	0,99	694,6: 695,9
		MT-43	0,97	0,98	2622,3: 2624,1
		GO-RV	0,99	0,99	1902,2: 1903,9
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	578,1: 579,2
		MT-43	0,99	0,99	2005,0: 2006,3
		GO-RV	0,99	0,99	1441,6: 1442,9
	Leque duplo	SUS	0,90	0,91	9491,4: 9491,9
		MT-43	0,74	0,78	35153,3: 35153,9
		GO-RV	0,79	0,82	26362,0: 26362,5
			¹ Lim. Inf. (1920 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (2400 µg L ⁻¹)	
100	Leque simples	SUS	0,99	0,99	183,2: 184,9
		MT-43	0,99	0,99	692,2: 694,9
		GO-RV	0,99	0,99	514,3: 516,7
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	268,2: 269,3
		MT-43	0,99	0,99	975,9: 977,8
		GO-RV	0,99	0,99	725,9: 727,6
	Leque duplo	SUS	0,99	0,99	567,7: 568,5
		MT-43	0,93	0,95	2150,9: 2152,1
		GO-RV	0,96	0,97	1523,1: 1524,2

¹Limite inferior e superior representa a mínima e máxima concentração da calda considerando a dose mínima e máxima recomendada pela bula do produto formulado Verismo® e as taxas de aplicação usadas; SUS = grau de susceptibilidade da *S. frugiperda* para um população susceptível (0.13 µg cm⁻²); MT-43 = grau de susceptibilidade da *S. frugiperda* para um população obtida em Lucas do Rio Verde – MT (0.50 µg cm⁻²); GO-RV = grau de susceptibilidade da *S. frugiperda* para um população obtida em Rio Verde—GO (0.37 µg); ²Intervalo de valores são referentes a um intervalo de confiança igual a 95% obtidos a partir dos modelos p Probit.

A ponta do tipo leque duplo apresentou desempenho insatisfatório, na taxa de aplicação de 50 L ha⁻¹, com probabilidade de controle inferior a 90% nas regiões avaliadas, evidenciando limitação sob baixo volume. Nessas condições, seria necessário um aumento expressivo na concentração do ingrediente ativo para atingir 95% de controle, o que resultaria em doses acima das recomendadas em bula, prática vedada pela legislação.

TABELA 10 - Probabilidade de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho para diferentes pontas e taxas de aplicação considerando a deposição, obtida em V8, para as concentrações mínimas (dose mínima de bula) e máximas (dose máxima de bula) de princípio ativo na calda e o grau de susceptibilidade da praga ao metaflumizone

Taxa (L ha ⁻¹)	Ponta	Região	Probabilidade de controle		² Concentração da calda para alcançar 95% de probabilidade de controle (µg L ⁻¹)
			¹ Lim. Inf. (3840 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (4800 µg L ⁻¹)	
50	Leque simples	SUS	0,99	0,99	694,6: 695,9
		MT-43	0,97	0,98	2622,3: 2624,1
		GO-RV	0,98	0,99	1902,2: 1903,9
	Cone vazio	SUS	0,95	0,96	3806,3: 3807,0
		MT-43	0,92	0,94	5391,5: 5392,2
		GO-RV	0,97	0,98	1673,4: 1674,1
	Leque duplo	SUS	0,89	0,91	9491,4: 9491,3
		MT-43	0,74	0,77	35153,3: 35153,9
		GO-RV	0,79	0,81	26362,0: 26362,5
			¹ Lim. Inf. (1920 µg L ⁻¹)	¹ Lim. Sup. (2400 µg L ⁻¹)	
100	Leque simples	SUS	0,99	0,99	183,2: 184,9
		MT-43	0,99	0,99	692,2: 694,9
		GO-RV	0,99	0,99	514,3: 516,7
	Cone vazio	SUS	0,99	0,99	268,2: 269,3
		MT-43	0,99	0,99	975,9: 977,8
		GO-RV	0,99	0,99	725,9: 727,6
	Leque duplo	SUS	0,99	0,99	567,7: 568,5
		MT-43	0,93	0,95	2150,9: 2152,9
		GO-RV	0,96	0,97	1523,1: 1524,2

¹Limite inferior e superior representa a mínima e máxima concentração da calda considerando a dose mínima e máxima recomendada pela bula do produto formulado Verismo® e as taxas de aplicação usadas; SUS = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população susceptível (0.13 µg cm⁻²); MT-43 = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Lucas do Rio Verde – MT (0.50 µg cm⁻²); GO-RV = grau de susceptibilidade da *S.frugiperda* para um população obtida em Rio Verde—GO (0.37 µg);

²Intervalo de valores são referentes a um intervalo de confiança igual a 95% obtidos a partir dos modelos Probit.

Em contrapartida, ao se adotar a taxa de 100 L ha⁻¹, observou-se melhora significativa na eficiência da ponta leque duplo, com aumento da probabilidade de controle nas mesmas localidades. Esse comportamento sugere que essa ponta pode promover deposição eficaz do ingrediente ativo no cartucho do milho, desde que se utilize volume de calda mais elevado.

Conforme Lima e Machado Neto (2001), a redução do volume de calda utilizado nas pulverizações pode contribuir para a diminuição dos custos operacionais e aumento da

eficiência do processo, uma vez que há menor necessidade de transporte de água até o campo e redução nas paradas para reabastecimento do pulverizador.

6 CONCLUSÃO

De modo geral, observou-se que, as pontas leque simples e cone vazio apresentaram desempenho satisfatório, com probabilidade de controle superior a 90% em diferentes regiões e populações, especialmente quando associadas a taxas de aplicação de 100 L ha⁻¹. No entanto, a eficiência dessas pontas pode comprometer-se sob condições específicas, como em regiões com possível resistência da praga, a exemplo de BA-48 e GO-RV, mesmo com o uso de maiores volumes de calda.

Além disso, os resultados evidenciam que, o aumento da taxa de aplicação favorece a deposição dos ingredientes ativos nas diferentes fases de desenvolvimento da planta (V4 e V8), contribuindo para um controle mais efetivo da praga. Entretanto, mesmo diante de boas práticas de aplicação, o comportamento regional da *S. frugiperda* e a variabilidade nas condições ambientais serão considerados no momento da tomada de decisão.

Depreende-se, através da pesquisa realizada que, a escolha correta da ponta de pulverização, aliada a uma taxa de aplicação tecnicamente adequada, são fatores essenciais, para garantir uma aplicação eficiente, com maior probabilidade de controle, contra a lagarta-do-cartucho no milho, o que pode implicar em menor desperdício de produto e redução do risco de seleção de populações resistentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMIR, A. E.; NENAAH, G. E.; HAFIZ, M. A. Mathematical probit and logistic mortality models of the Khapra beetle fumigated with plant essential oils. **Math. Biosci. Eng.**, v. 12, n. 4, p. 687-697, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3934/mbe.2015.12.687>. Acesso em: 10 de setembro de 2025.

ALVES, G. S. et al. Spray drift from dicamba and glyphosate applications in a wind tunnel. **Weed Technology**, v. 31, n. 3, p. 387-395, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.15>. Acesso em: 10 de setembro de 2025.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2ª ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para fungicidas**. 2ª.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019.

BONADIO, J. A. B. et al. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas: inovações. In: KUHN, O. J. et al. (orgs.). **Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas**. Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426350/1/Dc102.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2025.

BRASIL. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). **Resolução Normativa nº 36, de 26 de outubro de 2021: estabelece critérios e procedimentos para liberação planejada no meio ambiente de OGM classificado no nível de risco 1 e 2**. Brasília, DF: CTNBio, 2021. Disponível em: <https://ctnbio.mctic.gov.br>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

BUZZI, Z. J. **Entomologia didática**. Curitiba: UFPR, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos – Safra 2022/23**. Brasília: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 de setembro de 2025.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T. et al. (comps.). **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018. p. 401-449. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015>. Acesso em: 10 de setembro de 2025.

CRUZ, I. et al. O comportamento larval críptico de *Spodoptera frugiperda* e seus impactos no controle químico em milho. In: REUNIÃO ANUAL DE ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA, 2012. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2012. p. 45-52. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0301-80591998000300014>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Milho – Importância socioeconômica. **EMBRAPA**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

DUPONT. Estresse na cultura do milho. **Pioneer sementes**, 2004. Disponível em: <https://www.brevant.com.br/blog/artigos/os-impactos-dos-estresses-ambientais-na-producao-de-milho.html>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

FREEMAN, J. C. et al. Estudos de aptidão de cepas resistentes a inseticidas: lições aprendidas e direções futuras. **Ciência do Manejo de Pragas**, v. 77, p. 3847–3856, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/12792/estrategias-de-manejo-da-resistencia-de-pragas-a-pesticidas>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

FREITAS, M. A. de; LOPES, F. M.; CARDOSO, J. R. Eficiência de híbridos Bt de milho no controle da lagarta-do-cartucho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 20, n. 3, p. 478–487, 2021. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/15655/68. Acesso em: 15 de julho de 2025.

LEVENE, H. (1960) Robust Tests for Equality of Variances. In: Olkin, I., Ed., Contributions to Probability and Statistics, Stanford University Press, Palo Alto, 278-292.

GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. 10. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GAO, Y. et al. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* PfBb and Immune Responses of a Non-Target Host, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Insects**, v. 13, n. 9, p. 914, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects13100914>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

KLEIN, H. S.; LUNA, F. V. A expansão da agricultura moderna no Brasil: soja, milho e o Centro-Oeste. **História Agrária**, n. 86, p. 43–68, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/vV6K8XSmRXzn49Khhsbww4D/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

KRUGER, G. R.; ANTUNIASSI, U. R. Deriva na pulverização em culturas anuais. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2019. Cap. 19, p. 319-327. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/estudo-cientifico-deriva.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

LIMA, P. R. F.; MACHADO NETO, J. G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butyl em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 85-95, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000100010>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

MACIEL, C. F. S. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 e MAG-2. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, p. 183-199, 2017. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/36ae84b1-291f-465b-8733-09226e7e8ede>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

MATTHEWS, G. A. Pesticide application methods. 2. ed. London: Longman, Environmental risk assessment of pesticides currently applied in ghana. **Chemosphere**, v. 254, 126845, 2020. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Pesticide-Application-Methods-English-Matthews-ebook/dp/B0FJ6KCVCD>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

PAREDES-SÁNCHEZ, F. A. et al. Avanços em estratégias de controle contra Spodoptera frugiperda. Uma revisão. **Moléculas**, v. 26, n. 18, p. 1-1, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/18/5587>. Acesso em: 5 de abril de 2025.

PALLADINI, Luiz Antonio. Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. 2000. xiv, 111 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2000.

QUEIROZ, M. F. P. et al. Efeito de dois tipos de formulações no espectro de gotas de caldas de pulverização contendo herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 30., 2016, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFSC, 2016. v. 1, p. 110-111. Disponível em: <https://www.sbcpd.org/publicacao/efeito-de-dois-tipos-de-formulacoes-no-espectro-de-gotas-de-caldas-de-pulverizacao-contendo-herbicidas/pt/>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

ROSA, A. P. S. A. Monitoramento da lagarta-do-cartucho do milho. Pelotas: **EMBRAPA**, 2011. Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/884427/1/Monitoramentodala garta.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/884427/1/Monitoramentodala%20lagarta.pdf). Acesso em: 15 de julho de 2025.

SANTOS, C. A. et al. Desenvolvimento de Helicoverpa spp. em milho Bt com expressão de diferentes proteínas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 537-544, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v51n5/1678-3921-pab-51-05-00537.pdf>. Acesso em: 3 de julho de 2025.

SHAPIRO, S.S. and WILK, M.B. (1965) An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52, 591-611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

SILVA, A. P.; ROCHA, L. N.; BARROS, A. F. Desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 1449-1460, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-869>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

SILVA, C. L. T. et al. Interaction between corn genotypes with BT protein and management strategies for Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 102,

n. 4, p. 725-730, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1653/024.102.0409>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

SOUZA, L. A. de; CUNHA, J. P.; PAVININ, L. A. Deposição do herbicida 2,4 –D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 78-85, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100010>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

TAVARES, R. M. et al. Tecnologia de aplicação de inseticidas no controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 1, p. 30-42, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n1p30-42>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

VAZ, V. **Volume de calda e tamanho de gotas na aplicação de herbicidas**. Dissertação Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2022. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/eed1d7bf-8d7f-4317-8193-ccd0c67b8274/content>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

WANG, G. et al. Comparação da deposição de pulverização, eficácia do controle sobre pulgões do trigo e eficiência de trabalho no campo de trigo do veículo aéreo não tripulado com pulverizador de lança e dois pulverizadores de mochila convencionais. **Ciências Aplicadas**, v. 9, p. 218, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000500003>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

WANGEN, D. R.; PEREIRA JÚNIOR, P.; SANTANA, W. Controle de Spodoptera frugiperda (JE Smith, 1797) na cultura do milho com inseticidas de diferentes grupos químicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 801–808, 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/Controle%20de%20spodoptera.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

WORDELL FILHO, J. A. et al. Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo. Florianópolis: **Epagri**, 2016. (Boletim Técnico, n. 170). Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/430>. Acesso em: 9 de fevereiro de 2025.

XIAO, J. et al. O método de aplicação afeta a eficiência e eficácia dos pesticidas em campos de trigo. **Ciência do Manejo de Pragas**, v. 76, p. 1256–1264, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/fjWSyk45GHrTbZFHx9GxfRF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

ANEXOS

ANEXO I - Parâmetros dos modelos probit obtidos para cada taxa de aplicação, ponta de pulverização e grau de susceptibilidade da *Spodoptera frugiperda* para o inseticida clorfenapir para os estádios V4 e V8

Taxa	Ponta	Região	Inclinação	Erro padrão	Chi²	P- valor
V7-V8						
50	Leque simples	SUS	5.3461	0.2472	2367	9.86E-04
		BA-44	4.9076	0.3018	2091.2	5.46E-08
		GO-RV	5.3839	0.2481	2360.6	0.00134
50	Cone vazio	SUS	4.8739	0.2055	2660.5	0.02379
		BA-44	4.5408	0.2204	2526.2	0.00144
		GO-RV	4.475	0.2285	2464.6	0.0005
50	Leque duplo	SUS	1.9565	0.0652	5476.1	9.18E-05
		BA-44	1.9343	0.0667	5394.4	2.17E-05
		GO-RV	1.9585	0.0659	5436.5	9.23E-05
100	Leque simples	SUS	7.9802	0.4572	1565.6	0.05563
		BA-44	8.1684	0.4669	1535.4	0.03679
		GO-RV	6.3277	0.3613	1806.4	6.75E-02
100	Cone vazio	SUS	6.0363	0.3229	1992.2	0.00084
		BA-44	6.1115	0.3212	1984.7	0.00125
		GO-RV	5.9253	0.3198	1996	0.00069
100	Leque duplo	SUS	4.4342	0.1884	2738.7	3.78E-03
		BA-44	4.4597	0.1883	2728.5	5.61E-03
		GO-RV	4.4904	0.1896	2716.4	8.82E-03
V3-V4						
50	Leque simples	SUS	5.3461	0.2472	2367	9.86E-04
		BA-44	5.2641	0.2549	2326.3	1.00E-04
		GO-RV	5.3839	0.2481	2360.6	0.00134
50	Cone vazio	SUS	4.3013	0.201	2661.8	0.02286
		BA-44	4.3974	0.2049	2633.7	0.01477
		GO-RV	4.475	0.2285	2464.6	0.0005
50	Leque duplo	SUS	1.9565	0.0652	5476.1	9.18E-05
		BA-44	1.9343	0.0667	5394.4	2.17E-05
		GO-RV	1.9585	0.0659	5436.5	9.23E-05
100	Leque simples	SUS	7.9802	0.4572	1565.6	0.05563
		BA-44	8.1684	0.4669	1535.4	0.03679
		GO-RV	8.0053	0.4527	1563.1	6.07E-02
100	Cone vazio	SUS	6.0363	0.3229	1992.2	0.00084
		BA-44	6.1115	0.3212	1984.7	0.00125
		GO-RV	5.9253	0.3198	1996	0.00069
100	Leque duplo	SUS	4.5387	0.1804	2805.8	6.88E-02
		BA-44	4.5608	0.1804	2795.3	8.92E-02
		GO-RV	4.5909	0.1816	2783.5	1.18E-01

ANEXO II - Parâmetros dos modelos probit obtidos para cada taxa de aplicação, ponta de pulverização e grau de susceptibilidade da *Spodoptera frugiperda* para o inseticida indoxacarbe para os estádios V4 e V8

Taxa	Ponta	Região	Inclinação	Erro padrão	Chi ²	P- valor
V7-V8						
50	Leque simples	SUS	5.392888	0.2546862	2340.762	4.51E-04
		BA-48	5.391041	0.2482406	2359.227	1.43E-03
		GO-RV	5.357798	0.2474455	2365.272	0.001072549
50	Cone vazio	SUS	4.60803	0.2269761	2492.797	0.000976732
		BA-48	4.388807	0.2184259	2537.196	0.000865751
		GO-RV	4.454511	0.2274574	2476.102	0.000280423
50	Leque duplo	SUS	1.96146	0.06530274	5475.28	9.47E-05
		BA-48	1.95983	0.06583926	5446.773	6.25E-05
		GO-RV	1.958739	0.06588209	5440.377	7.98E-05
100	Leque simples	SUS	8.013127	0.463748	1541.872	0.028424
		BA-48	7.915222	0.4637212	1538.744	0.03224643
		GO-RV	8.037304	0.4676309	1528.529	4.78E-02
100	Cone vazio	SUS	6.107822	0.3140414	2010.446	0.002796282
		BA-48	6.144959	0.3140937	2012.015	0.002593813
		GO-RV	6.087157	0.3190679	2000.027	0.000554132
100	Leque duplo	SUS	4.605263	0.1821033	2783.812	6.60E-02
		BA-48	4.563152	0.2187058	2494.716	1.12E-05
		GO-RV	4.584531	0.219164	2490.567	1.45E-05
V3-V4						
50	Leque simples	SUS	5.392888	0.2546862	2340.762	4.51E-04
		BA-48	5.391041	0.2482406	2359.227	1.43E-03
		GO-RV	5.357798	0.2474455	2365.272	0.001072549
50	Cone vazio	SUS	4.60803	0.2269761	2492.797	0.000976732
		BA-48	4.388807	0.2184259	2537.196	0.000865751
		GO-RV	4.454511	0.2274574	2476.102	0.000280423
50	Leque duplo	SUS	1.96146	0.06530274	5475.28	9.47E-05
		BA-48	1.95983	0.06583926	5446.773	6.25E-05
		GO-RV	1.84417	0.0663823	5331.365	3.11E-03
100	Leque simples	SUS	8.013127	0.463748	1541.872	0.028424
		BA-48	7.915222	0.4637212	1538.744	0.03224643
		GO-RV	8.037304	0.4676309	1528.529	4.78E-02
100	Cone vazio	SUS	6.107822	0.3140414	2010.446	0.002796282
		BA-48	6.144959	0.3140937	2012.015	0.002593813
		GO-RV	6.004541	0.3188973	1996.57	0.000668864
100	Leque duplo	SUS	4.605263	0.1821033	2783.812	0.065981
		BA-48	4.48573	0.1836217	2768.124	2.18E-02
		GO-RV	4.554336	0.1802479	2797.197	8.53E-02

ANEXO III - Parâmetros dos modelos probit obtidos para cada taxa de aplicação, ponta de pulverização e grau de susceptibilidade da *Spodoptera frugiperda* para o inseticida metaflumizone para os estádios V4 e V8

Taxa	Ponta	Região	Inclinação	Erro padrão	Chi ²	P- valor
V7-V8						
50	Leque simples	SUS	5.360118	0.2537437	2347.005	3.26E-04
		BA-48	5.350219	0.2473067	2366.207	1.03E-03
		GO-RV	5.392274	0.2482693	2359.011	0.001442989
50	Cone vazio	SUS	2.896664	0.1133109	2658.77	0.02515681
		BA-48	2.845566	0.1107087	2693.475	0.03067905
		GO-RV	2.618696	0.1326623	2445.639	1.51E-04
50	Leque duplo	SUS	1.9311	0.06621605	5416.982	4.29E-05
		BA-48	1.951107	0.06559586	5462.887	3.33E-05
		GO-RV	1.931933	0.06558283	5450.882	5.33E-05
100	Leque simples	SUS	8.168407	0.4668887	1535.404	0.03679254
		BA-48	7.983615	0.4650534	1536.127	3.58E-02
		GO-RV	8.01546	0.4555316	1565.074	0.05667418
100	Cone vazio	SUS	5.931983	0.3238073	1979.292	0.000160887
		BA-48	6.022617	0.3184602	2005.684	0.000405066
		GO-RV	6.036476	0.3227871	1989.427	0.000979038
100	Leque duplo	SUS	4.530337	0.185231	2764.832	2.42E-02
		BA-48	4.473979	0.183516	2773.009	1.86E-02
		GO-RV	4.588005	0.1815341	2788.928	1.04E-02
V3-V4						
50	Leque simples	SUS	5.360118	0.253743	2347.005	3.26E-04
		BA-48	5.350219	0.2473067	2366.207	1.03E-03
		GO-RV	5.392274	0.2482693	2359.011	0.001442989
50	Cone vazio	SUS	4.43063	0.2342846	2440.52	0.0001991
		BA-48	4.826142	0.2014162	2686.507	0.03781002
		GO-RV	4.908808	0.2059907	2652.01	3.11E-02
50	Leque duplo	SUS	1.9311	0.06621605	5416.982	4.29E-05
		BA-48	1.951107	0.06559586	5462.887	3.33E-05
		GO-RV	1.931933	0.06558283	5450.882	5.33E-05
100	Leque simples	SUS	8.168407	0.4668887	1535.404	0.03679254
		BA-48	7.983615	0.4650534	1536.127	3.58E-02
		GO-RV	8.01546	0.4555316	1565.074	0.05667418
100	Cone vazio	SUS	5.931983	0.3238073	1979.292	0.000160887
		BA-48	6.022617	0.3184602	2005.684	0.000405066
		GO-RV	6.036476	0.3227871	1989.427	0.000979038
100	Leque duplo	SUS	4.530337	0.185231	2764.832	2.42E-02
		BA-48	4.473979	0.183516	2773.009	1.86E-02
		GO-RV	4.588005	0.1815341	2788.928	1.04E-01