

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Eric Fernandes Luchese

Pulverização eletrostática no controle de *Giberella zea* em trigo e *Spodoptera frugiperda* em milho

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Santa Maria, RS
2021

Eric Fernandes Luchese

Pulverização eletrostática no controle de *Giberella zea* em trigo e *Spodoptera frugiperda* em milho

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Arrué Melo

Santa Maria, RS
2021

Luchese, Eric
Pulverização eletrostática no controle de Giberella
zea em trigo e Spodoptera frugiperda em milho / Eric
Luchese.- 2021.
44 p.; 30 cm

Orientador: Adriano Arrué Melo
Coorientador: Alexandre Swarowsky
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2021

1. Tecnologia de aplicação 2. Pragas 3. Jato plano 4.
Jato cônico 5. Volume de calda I. Arrué Melo, Adriano
II. Swarowsky, Alexandre III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

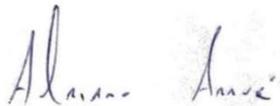
Declaro, ERIC LUCHESE, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Eric Fernandes Luchese

Pulverização eletrostática no controle de *Giberella zeae* em trigo e *Spodoptera frugiperda* em milho

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovado em 01 de outubro de 2021:



Prof. Dr. Adriano Arrué Melo (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Prof. Dr. Walter Boller (UFSM)



Prof. Dr. Glauber Renato Stürmer (CCGL)

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Camila Cremonese, que me incentivou nos momentos difíceis e compreendeu a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

A minha filha Helena, por existir e me dar força em cada olhar.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

Ao professor Adriano Arrué, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

A todos integrantes do grupo Manejo Inteligente de Tecnologia de Aplicação, pelo ambiente amistoso no qual convivemos e solidificamos os nossos conhecimentos, o que foi fundamental na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

À Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós graduação em Engenharia Agrícola essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

RESUMO

PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA NO CONTROLE DE *Gibberella zea* EM TRIGO E *Spodoptera frugiperda* EM MILHO

AUTOR: Eric Fernandes Luchese
ORIENTADOR: Adriano Arrué Melo

A pulverização eletrostática, é uma tecnologia que pode melhorar a cobertura com agrotóxicos nas estruturas da planta, melhorando o desempenho de agrotóxicos, diminuindo a deriva e aumentando a segurança ambiental. As lagartas *Spodoptera frugiperda* são polípagas, e ocasionam danos severos em lavouras de milho ao redor do mundo, chegando a reduzir a produtividade de lavouras em até 57%. A *Gibberella zea*, é um fungo que se prolifera em espiguetas de trigo causando diminuição da produtividade, menor qualidade dos grãos, também é capaz de produzir as micotoxinas deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) e zearalenone (ZEA) que afetam a saúde de humanos e animais. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece limites máximos para presença destas toxinas em alimentos derivados de trigo. Foi realizado um experimento a fim de testar a eficácia de aplicação de agrotóxicos com o equipamento eletrostático nas pragas *Spodoptera frugiperda* e *Gibberella zea*. O experimento realizado a campo em blocos ao acaso, com plantas de milho convencional sem tecnologia *Bacillus thuringiensis*, e plantas de trigo moderadamente suscetíveis a Giberela da cultivar TBIO Sinuelo. O experimento, portanto, contém dois fatores, fator A: presença do equipamento e fator B: volume de aplicação. Os volumes selecionados para aplicação dos experimentos foram 50, 100 e 150 L/ha. Foram utilizados pontas do tipo leque plano AD 11001, AD11002 e AD 11003 para a aplicação do ensaio de trigo e pontas do tipo cone vazio MAG 1, MAG 1,5 e MAG 3 para a aplicação em milho. Foram avaliados através do uso de cartões hidrosensíveis a cobertura (%), a densidade de gotas (N/cm²), o diâmetro mediano volumétrico e a amplitude relativa. Os resultados mostram que o sistema eletrostático melhorou a cobertura, a densidade de gotas e o controle de pragas nas culturas do trigo e do milho. Os melhores resultados foram encontrados com 100 L/ha e 150 L/ha. Os resultados mostram que o sistema eletrostático melhorou a cobertura, a densidade de gotas e o controle de pragas nas culturas do trigo e do milho. Os melhores resultados foram encontrados com 100 L/ha e 150 L/ha. O equipamento eletrostático não alterou o tamanho de gotas, dentro das condições que os ensaios foram realizados.

Palavras-chave: Tecnologia de Aplicação, Pragas, Jato plano, Jato cônico, Volume de calda.

ABSTRACT

ELECTROSTATIC SPRAYING ON THE CONTROL OF *Giberella zea* ON WHEAT AND *Spodoptera frugiperda* ON MAIZE

AUTHOR: Eric Fernandes Luchese

ADVISOR: Adriano Arrué Melo

Electrostatic spraying is a technology that can improve pesticide coverage on plant structures, improving pesticide performance, decreasing drift and increasing environmental safety. *Spodoptera frugiperda* caterpillars are polyphagous, and cause severe damage to corn crops around the world, reducing crop productivity by up to 57%. *Giberella zea* is a fungus that proliferates in wheat spikelets causing decreased productivity, lower grain quality, it is also capable of producing as mycotoxins deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) and zearalenone (ZEA) that affect the health of humans and animals. The National Health Surveillance Agency (ANVISA) determined maximum limits for the presence of these toxins in foods derived from wheat. An experiment was carried out to test the effectiveness of pesticide application with electrostatic equipment on *Spodoptera frugiperda* and *Giberella zea* pests. The experiment was carried out in the field in randomized blocks, with conventional maize plants without *Baccilus thuringiensis* technology, and wheat plants moderately susceptible to *Giberella zae* cultivar TBIO Sinuelo. The experiment therefore contains two factors, factor A: presence of equipment and factor B: application volume. The volumes selected for the applications of the experiments were 50, 100 and 150 L/ha. Flat fan tips AD 11001, AD11002 and AD 11003 were used for wheat test application and empty cone tips MAG 1, MAG 1.5 and MAG 3 were used for application in corn. Coverage (%), droplet density (N/cm²), volumetric median diameter and relative amplitude were obtained through the use of hydrosensitive boards. The results show that the electrostatic system improved coverage, droplet density and pest control in wheat and corn crops. The best results were found with 100 L/ha and 150 L/ha. The results show that the electrostatic system improved coverage, droplet density and pest control in wheat and corn crops. The best results were found with 100 L/ha and 150 L/ha. The electrostatic equipment did not change the droplet size, within the conditions under which the tests were carried out.

Keywords: Spray Technologies, Pests, Spray, Flat fan, Hollow cone, Spray volume.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Ciclo de <i>Gibberella zeae</i> / <i>Fusarium graminearum</i> em trigo	11
Figura 2 – Sintoma (Róseo) de <i>Gibberella zeae</i>	12
Figura 3 – Lagarta de <i>Spodoptera frugiperda</i> em estágios iniciais de desenvolvimento, e lagarta dentro do cartucho de uma planta de milho.....	14

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação do tamanho padrão de gotas segundo norma ASAE S-572.1 de 2009 (Traduzido).....	18
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições climáticas durante a aplicação dos tratamentos nas duas culturas avaliadas.	26
Tabela 2 - Cobertura (%), Densidade de gotas (n/cm ²) e Diâmetro mediano volumétrico (DMV) na cultura do trigo.	29
Tabela 3 - Severidade de Giberela (%) na cultura do trigo.	30
Tabela 4 - Cobertura (%), densidade de gotas (n/cm ²) e Diâmetro mediano volumétrico (DMV) na cultura do milho.	32
Tabela 5- Notas de dano segundo a escala de Davis pelo ataque de <i>Spodotera frugiperda</i> na cultura do milho.	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. <i>Gibberella zeae</i> EM TRIGO	9
2.2. <i>Spodoptera frugiperda</i> EM MILHO	13
2.3. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	15
2.3.1. Equipamento de aplicação	17
2.3.2. Pontas de pulverização.....	17
2.3.3. Volume de calda	18
2.3.4. Qualidade da calda e da água.....	19
2.4. SISTEMA ELETROSTÁTICO.....	19
3. ARTIGO CIENTÍFICO	21
5. REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo, devido principalmente ao tamanho do seu território, disponibilidade de água e às condições ambientais favoráveis. Devido a isso, o país vem mantendo um elevado patamar de produção e comercialização dos mais diversos produtos agrícolas, entretanto, devido a sua grande área cultivada existe também uma alta quantidade de pragas que precisam ser controladas anualmente.

Essas pragas ocasionam perdas de produtividade nas culturas e também um alto investimento em insumos para contornar o problema. Nas culturas de verão, como o milho, se destaca a *Spodoptera frugiperda* também conhecida como lagarta-do-cartucho do milho. Essa lagarta está presente em lavouras de milho de diversos países, e ocasiona danos severos nas plantas que infesta. Já nas lavouras de inverno, uma praga constante, principalmente na região sul do Brasil, é a *Gibberella zae*, um fungo que infecta as espiguetas das plantas de trigo, induzindo a esterilidade, diminuindo a qualidade dos grãos e produzindo algumas micotoxinas altamente tóxicas para humanos e animais.

Dessa maneira, um controle eficiente dessas pragas, é de suma importância, pois falhas de controle podem ocasionar perdas ao produtor. Nesse cenário, além da escolha correta dos produtos, a tecnologia de aplicação é fundamental para que a eficácia da aplicação de agrotóxicos alcance níveis aceitáveis de controle e que seu uso ocorra de forma segura.

Uma das alternativas que vem sendo testadas é a pulverização eletrostática, que pode resultar em uma tecnologia de aplicação de melhor qualidade. Entre os fatores que, na teoria, podem ser alterados pelo uso do sistema eletrostático, está o maior rendimento dos defensivos agrícolas, menor perda por evaporação, menor perda para o solo, menor perda por deriva, melhor absorção dos defensivos, melhor cobertura dos alvos da aplicação, redução do consumo de combustível, redução do tempo de reabastecimento e preparo da calda, economia de água, menor risco de deriva, reduzida contaminação das águas subterrâneas, dentre outras. Entretanto, ainda existe uma lacuna no conhecimento científico sobre a confirmação dessas variáveis.

Visando auxiliar na geração de dados sobre esse sistema, o objetivo desse trabalho foi testar em campo o funcionamento do equipamento eletrostático, pois, este tipo de ferramenta agrícola já foi utilizado no passado para aplicação de defensivos. Entretanto, houve baixa aceitação por produtores devido, principalmente, aos problemas operacionais. Nesse estudo foram realizados ensaios da eficácia de controle de *S. frugiperda* na cultura do milho e de *G. zae* em trigo, com o sistema eletrostático em comparação as aplicações convencionais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Gibberella zeae* EM TRIGO

A área semeada de trigo em 2021 será de aproximadamente 2,6 milhões de hectares, com uma produção esperada de 8,4 milhões de toneladas do grão. Essa cultura é considerada importante, pois é considerada uma das poucas alternativas para o cultivo de inverno, no sul do Brasil onde o clima temperado favorece o desenvolvimento de cereais (CONAB, 2021).

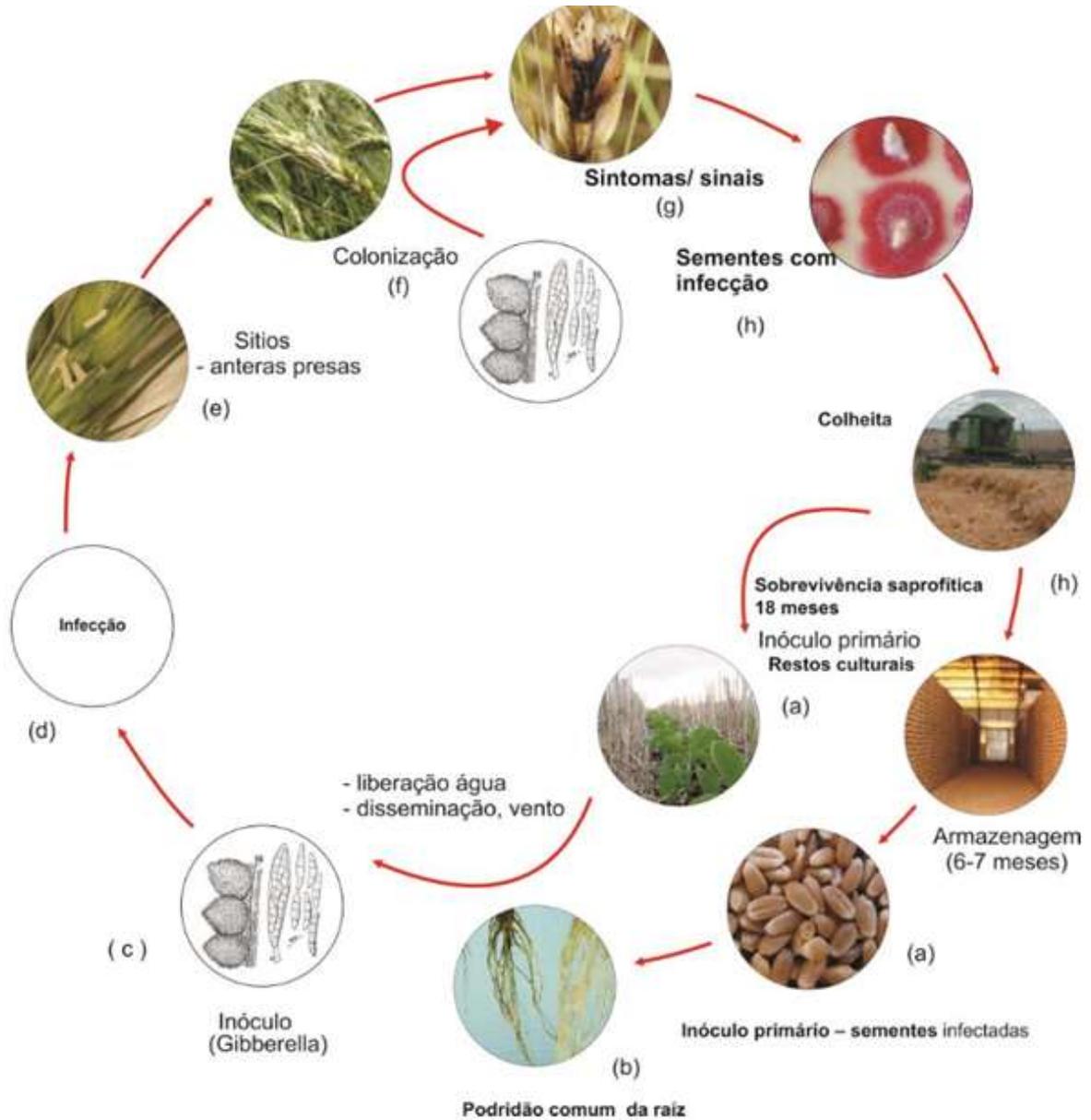
A principal doença que afeta as espiguetas de trigo é a *Gibberella zeae* conhecida como giberela, fase sexuada do fungo *Fusarium graminearum*. Ela pode ocasionar perda de até 30% na produtividade e também diminuir a qualidade dos grãos. Outro efeito negativo da presença da doença é capacidade do fungo em produzir as micotoxinas deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) e zearalenone (ZEA). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), faz análises laborais em produtos processados a partir dos grãos de trigo, e a partir de 2019 no documento RDC 07/2011 definiu limites máximos tolerados (LMT) da presença da micotoxina DON nestes alimentos (Anexo A). Se a presença destas micotoxinas for superior aos limites estabelecidos, pode ocasionar intoxicação a humanos e animais.

Um dos desafios no controle de giberela está relacionada ao desenvolvimento do fungo ter os mesmos gatilhos climáticos que o estágio da antese de trigo, que é o período de abertura das flores (GILBERT, 2013). O parasitismo do fungo pode causar duas doenças nas plantas de trigo, a podridão das raízes de trigo, e a giberela, em fases diferentes do ciclo. Para realizar o controle de forma eficiente, é necessário conhecer a biologia do fungo, e como acontece o ciclo de desenvolvimento e a relação patógeno-hospedeiro.

A doença é um processo dinâmico que apresenta diversas fases (Figura 1). Na fase de sobrevivência o fungo *Fusarium graminearum* se encontra na palhada do trigo (Figura 1a), os esporos assexuais são disseminados pelo vento e pela água das chuvas até encontrar uma nova planta hospedeira. Esse procedimento ocorre por meio de dois tipos de estruturas propagativas os ascósporos e os conídios. Na fase sexual (Figura 1c), a *Gibberella zeae* se desenvolve em plantas infectadas formando peritécios e liberando os esporos sexuais ascósporos (Figura 1d), que serão disseminados pelo vento e irão infectar as anteras (Figura 1e) de outras plantas. Em condições favoráveis de temperatura e umidade, germinam e atingem o ovário com o estilete. Um dos primeiros sintomas ocorre quando as anteras ficam presas entre as glumas (Figura 1f). Quando há infecção nas espiguetas ocorre dano as estruturas celulares, os cloroplastos perdem a clorofila, esse processo ocasiona o branqueamento das espiguetas, um dos sintomas de

giberela (Figura 1f). Já o sintoma de grão giberelado ocorre quando o fungo se desenvolve rapidamente, e existe uma grande quantidade de macroconídios que dá a coloração rósea, por consequência deste desenvolvimento rápido, pode haver mal formação de grãos que ficam enrugados, chochos e com coloração rósea (Figura 1h), o fungo pode também ocasionar a esterilidade de espiguetas, não havendo formação de grãos. Quando sementes infectadas são colhidas (Figura 1h) e semeadas em anos subsequentes passam a ser o inóculo primário (Figura 1a) ocasionando a podridão da raiz do trigo pelo fungo *Fusarium graminearum* (Figura 1b) (REIS, 1988; PARRY et al.,1995).

Figura 1– Ciclo de *Gibberella zeae*/*Fusarium graminearum* em trigo



Fonte: (DANELLI, 2013)

Estudos mostram que mesmo quando existem poucos sintomas da doença, altos teores de micotoxinas podem estar presentes no grão. Isto ocorre porque embora a infecção principal seja no período de florescimento, ela pode ocorrer antes ou depois (SIOU, 2014). O sintoma de coloração rósea é característico dessa doença (Figura 2). Esse sintoma é uma das principais formas de identificação da doença em campo. Aspectos relacionados a relação patógeno-

hospedeiro precisam ser conhecidos, pois assim, podem ser definidos momentos mais adequados para o controle.

O controle químico é realizado com o uso de fungicidas que acarretam em uma proteção limitada, que por vezes não é muito efetiva. Isso ocorre devido à baixa resistência das cultivares, clima propício ao desenvolvimento do fungo e baixo retorno econômico do cultivo, o que que acarreta em problemas com dose e uso recorrente do mesmo ingrediente ativo (CHEN, 2019; COWGER, 2016).

Figura 2 – Sintoma (Róseo) de *Gibberella zeae*.



Fonte: Arquivo do autor.

Dessa maneira, além da escolha do produto, a chave para um controle eficiente de giberela em plantas de trigo parece estar no momento correto da aplicação de fungicidas, próximo a antese (CROMEY, 2001), bem como, na qualidade da tecnologia de aplicação empregada.

No Brasil existem 49 produtos registrados para controle de *Fusarium graminearum* em trigo junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a maioria dos produtos apresentam os ingredientes ativos carbendazim e tebuconazol.

Alguns avanços vêm sendo conquistados na introdução de resistência genética, que é a ferramenta que apresenta melhor custo benefício aos produtores (REIS, 2011). Atualmente existem apenas sementes com características de resistência moderada a *Gibberella zeae* no mercado brasileiro. Entretanto, enquanto não houverem novas cultivares disponíveis no mercado, o produtor terá que buscar alternativas que melhorem a eficácia dos produtos químicos que existem registrados.

2.2. *Spodoptera frugiperda* EM MILHO

A cultura do milho no Brasil na safra de 2020/21 teve uma área semeada de aproximadamente 19,8 milhões de hectares e com uma produção total próxima de 93.384,6 milhões de toneladas somando a primeira e a segunda safra. O milho é considerado um importante produto para o agronegócio brasileiro, principalmente para exportação, colaborando na balança comercial do país (CONAB, 2021).

Uma das principais pragas que afetam a produtividade e o desenvolvimento da cultura é a lagarta de *Spodoptera frugiperda*. Na fase larval a lagarta dessa espécie, ainda pequena, se alimenta raspando as folhas, e com o decorrer do seu desenvolvimento migram para a região do cartucho (Figura 3) e nas lavouras de milho completam seu desenvolvimento até a fase adulta. Quando se alimentam de plantas pequenas, no ponto de crescimento, pode ocasionar o sintoma de coração morto. No momento em que a lagarta passa a se alimentar no interior do cartucho do milho, o controle desta espécie se torna muito difícil devido a sua localização (Figura 4). Nessa fase pode ocasionar danos sérios a produtividade das plantas e também na qualidade dos grãos (CAPINEIRA, 2020, ABRAHAMS, 2017).

Figura 3 – Lagarta de *Spodoptera frugiperda* em estágios iniciais de desenvolvimento, e lagarta dentro do cartucho de uma planta de milho.



Fonte: Arquivo do autor

Devido a severidade do ataque das lagartas, diversas técnicas são empregadas para realizar um controle eficiente, dentre elas o uso de tecnologias Bt (*Baccillus thuringiensis*) em plantas de milho. Entretanto, devido a mutação ou característica herdada pela alta pressão de seleção natural, alguns indivíduos se tornam resistentes (BERNARDI, 2016). Casos de resistência das lagartas de *Spodoptera frugiperda* a proteínas encontradas em plantas Bt foram

notificados em regiões do Brasil, Argentina, Porto Rico e Estados Unidos da América (PRASANNA, 2018).

O uso de inseticidas é uma das estratégias de manejo utilizadas em conjunto ou separados, com a semeadura de plantas com tecnologia Bt em toda a América, entretanto, foram relatados casos de resistência de inseticidas da classe 1A (Carbamatos) 1B (Organofosforados), e 3A (Piretróides), devido a isso, se torna importante realizar o manejo integrado da praga (ABRAHMS, 2017).

2.3. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia de aplicação de defensivos surge como uma técnica que tem o objetivo de colocar o ingrediente no alvo, de maneira econômica e eficiente, e com o menor impacto ambiental possível (MATUO, 1990). Ainda, o domínio da tecnologia de aplicação é fundamental para assegurar a correta aplicação, com segurança ambiental, social e humana, bem como, obtenção de resultados econômicos positivos (AZEVEDO, 2006). Dessa forma, mostra-se clara a importância que a tecnologia de aplicação tem no momento de realizar aplicações de defensivos.

Um dos processos de maior importância é a deposição, pois é a primeira etapa em uma aplicação e se realizada de forma irregular pode afetar os processos subsequentes. Logo, os fatores que a afetam devem ser controlados da forma mais cuidadosa possível, levando em consideração o tamanho da gota necessário, a altura da barra, as condições meteorológicas no momento da aplicação e o equipamento.

A eficácia de uma aplicação agrícola depende basicamente de quatro processos que são: deposição, retenção, absorção e translocação (ZABKIEWICZ, 2007). A influência de cada processo, na eficácia, pode variar. Cada um desses processos é influenciado por diferentes fatores durante uma aplicação. A deposição pode ser afetada pelo tamanho de gota, tipo de ponta, pelo volume de calda (ARAUJO, 2016), formulação dos produtos presentes na calda (ZHU, 2018), e pela deriva (BUENO, 2017). A retenção pode ser influenciada por características da cultura, como arquitetura, tamanho e molhabilidade das folhas (DORR, 2014). A absorção e translocação podem ser afetadas pela formulação do produto e característica da cultura (NAMIKI, 2018).

O determinante para escolha do tamanho das gotas é o comportamento do alvo e a necessidade de cobertura. Quando necessárias gotas finas, elas podem sofrer com a deriva e rápida evaporação, e quando muito grossas podem escorrer ou não acertar o alvo, dependendo

do número de gotas por área (BUENO, 2017; ZABKIEWICZ, 2007), para a escolha do tamanho de gotas ideal é necessário realizar a definição da ponta para que se adeque ao tamanho de gotas e cobertura desejada.

O resultado de uma pesquisa recente revela que o fator mais decisivo para determinar o tamanho das gotas quando aplicados herbicidas são respectivamente, em ordem de maior importância para menor: tipo de ponta, pressão do sistema hidráulico, ingrediente ativo do herbicida, tamanho do orifício de saída da ponta e volume de aplicação (CREECH, 2017a).

Entretanto, em estudo realizado com plantas artificiais, o volume de aplicação exerceu enorme influência na deposição. Embora em menores volumes a distribuição do espectro de gotas seja mais homogênea devido ao volume menor de líquido, a quantidade reduzida de líquido distribuído em baixo volume apresenta dificuldades em atingir folhas localizadas na parte mais baixa da planta, reduzindo em até 43% a deposição de defensivos nestas folhas (MUSIU, 2019).

Trabalho realizado por Mesterházy (2018) mostrou que quando comparados o tamanho de gotas produzidas por diferentes tipos de pontas em aplicações para controle de giberela no trigo, concluiu que gotas finas a médias apresentam melhor controle de giberela, principalmente quando se utiliza produtos de maior eficiência e plantas que apresentam maior resistência, neste caso apenas o fator genético foi suficiente para reduzir a presença de micotoxinas em 73%. E o efeito do melhor produto com a melhor ponta e a planta mais resistente ocasionou um controle de 98,5% da doença. Outro estudo mostrou que quando comparadas pontas verticais e horizontais que produzem gotas finas a médias, mostrou que a ponta vertical que produz gotas médias teve maior concentração de fungicidas na folha bandeira de trigo, em relação a ponta que apresentava gotas grossas e a ponta horizontal (LEHOCZKI-KRSJAK, 2015). Esse efeito de gotas médias, pode estar relacionado a molhabilidade das plantas de trigo, pois gotas mais finas, além de sofrerem mais com a deriva e evaporação, podem não aderir a superfície da folha, estudos precisam ser realizados para avaliar esse comportamento, além de avaliar o efeito de mistura de adjuvantes com fungicidas. Logo, a seleção de pontas corretas e o volume de aplicação ideal pode ocasionar melhor penetração de defensivos no dossel vegetativo de culturas, tornando o controle de pragas mais eficiente (CREECH, 2017b).

Pesquisas que envolvem tecnologia de aplicação de inseticidas em controle de *Spodoptera frugiperda* vem sendo realizadas com a finalidade de tornar o controle da praga mais eficiente (BIALOZOR, 2020). Os resultados destas pesquisas mostram que quando alguns parâmetros da aplicação de inseticidas são alterados, como tipo de pontas e equipamento de

aplicação como drones, a qualidade da aplicação pode variar de forma positiva (GIMENES et al, 2012; LU, 2021).

Dentro da ciência que envolve a tecnologia de aplicação existe uma enorme gama de procedimentos e processos que precisam ser minuciosamente estudados para que os problemas gerados no campo consigam ser resolvidos de forma satisfatória, por isto é importante compreender quais são estes processos.

2.3.1. EQUIPAMENTO DE APLICAÇÃO

Atualmente existe uma grande variedade de equipamentos que são voltados para a aplicação de defensivos. A escolha de qual equipamento irá suprir a demanda do produtor depende de fatores como tamanho da área, cultura e nível tecnológico. Os pulverizadores costais são os mais baratos, podem ser manuais, motorizados ou elétricos e voltados para pequenas propriedades. Os pulverizadores acoplados ou de arrasto atendem pequenas e médias propriedades. Os autopropelidos são equipamentos caros de grande porte que servem para aplicar defensivos em grandes propriedades (CASALI, 2012). Os aviões são utilizados em casos específicos como aplicações em algodão e arroz, em áreas com dimensões e relevos favoráveis. Ultimamente os drones vem sendo utilizados para aplicação de defensivos em pequenas áreas.

2.3.2. PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

As pontas de pulverização funcionam quando o líquido do tanque é forçado sob pressão a passar pelo orifício das mesmas. Esse processo forma uma lâmina fina de líquido que se desintegra em várias gotas de diferentes tamanhos. A vazão das pontas varia de acordo com o tamanho do orifício e o tamanho de gotas varia com o modelo. A pressão exercida também é capaz de modificar ambos os parâmetros. Os tipos de pontas podem ser classificados quanto ao formato do jato gerado, e a presença de algumas tecnologias como indução de ar (MATSUYAMA, 2004). As gotas geradas pelas pontas podem ser classificadas quanto ao seu tamanho seguindo a norma internacional ASAE S-572.1 de 2009 (Quadro 1). O tamanho das gotas está relacionado a capacidade de cobertura sendo que gotas mais grossas tendem a gerar menor cobertura nos órgãos das plantas (GULER, 2018). Por outro lado, o resultado de pesquisas também mostra que gotas menores possuem uma capacidade maior de penetrar no dossel das culturas (WOLF, 2009).

Quadro 1 - Classificação do tamanho padrão de gotas segundo norma ASAE S-572.1 de 2009 (Traduzido).

Categoria	Símbolo	Cor	Diâmetro mediano volumétrico (μ)
Muito fina	MF	Vermelho	< 100
Fina	F	Laranja	100 - 175
Média	M	Amarelo	175 - 250
Grossa	G	Azul	250 - 375
Muito grossa	MG	Verde	375 - 450
Extremamente Grossa	EG	Branco	> 450

As pontas mais utilizadas são as pontas do tipo jato plano (leque) e jato cônico vazio. Geralmente as pontas do tipo leque são utilizadas para aplicação de produtos sistêmicos, geralmente herbicidas (BUTLER-ELIS, 1999). As pontas do tipo cone são utilizadas para aplicação de produtos com pouca translocação e grande necessidade de penetração no dossel, como fungicidas (FRITZ, 2009).

A escolha da ponta ideal para a aplicação está principalmente relacionada com o comportamento do alvo e a necessidade de cobertura. Cada ponta possui peculiaridades próprias e um espectro de gotas variado, o que ocasiona diferentes níveis de cobertura (FERGUSON, 2015).

2.3.3. VOLUME DE CALDA

O volume a ser aplicado pode ser classificado e varia de acordo com a necessidade de cobertura do alvo, do tipo de ponta, das condições climáticas, da cultura e do produto. O volume de aplicação de defensivos ideal para cada cultura vindo sendo estudado há muito tempo. Valores fixos ou pré-definidos não existem, isto ocorre devido a dependência de diversos fatores (MELO, 2017).

Aplicações com drones podem ser feitas em volume de aplicação reduzido, devido a características específicas do equipamento (GUOBIN, 2019). Aplicações com pulverizadores de arrasto, acoplados ou autopropelidos permitem uma ampla variedade de volumes de aplicação, que podem variar de acordo com a cultura e a praga a ser controlada. Em pesquisas que envolvem volume de aplicação para controle de pragas na soja, podem ser encontrados uma ampla faixa de volumes (NASCIMENTO, 2021). Pulverizações em pomares apresentam

volume maiores, principalmente em razão da maior área foliar, podendo existir volumes superiores a 700 L/Ha (DORUCHOWSKI, 2017).

A tecnologia de aplicação que envolve volume de calda vem sendo estudada há muito tempo em diversas culturas. Algumas análises mostraram que o volume de aplicação pode estar relacionado a deposição do líquido e a cobertura nas folhas (NASCIMENTO, 2021). Este efeito pode, por vezes, estar relacionado a eficiência da aplicação, diminuindo a qualidade da aplicação em casos de volumes muito abaixo do ideal (YEE, 2001).

Pesquisas que utilizam a tecnologia de aplicação com diferentes volumes de aplicação são importantes pois servem como um parâmetro para que produtores possam utilizar a informação de acordo com as suas necessidades.

2.3.4. QUALIDADE DA CALDA E DA ÁGUA

Diversos fatores podem causar interferências na eficiência do controle de pragas, dentre eles o pH da água e a tensão superficial da mistura. A maioria dos produtos possuem uma faixa ideal de pH, e quando adicionados em misturas que apresentam pH fora desta faixa eles degradam mais rapidamente, o que pode ocasionar menor eficiência e persistência destes produtos, tanto no solo quanto nos órgãos das plantas (RANI, 2018).

A tensão superficial está ligada a força de atração das moléculas de hidrogênio da água, alguns adjuvantes e alguns produtos formulados têm a capacidade de quebrar estas forças fazendo com que características como ângulo de contato sejam beneficiadas. Com isso, as gotas quando em contato com as folhas tendem a se espalhar, aumentando a área de contato. Portanto podem apresentar melhor efeito de cobertura (CARVALHO, 2017).

2.4. SISTEMA ELETROSTÁTICO

A aplicação eletrostática, surgiu como uma técnica que tem o intuito de diminuir o potencial de deriva e melhorar a cobertura durante aplicação de líquidos, sendo um procedimento muito utilizado na indústria para pintura de automóveis. Funciona por meio de um sistema indutor de carga elétrica no líquido que passa pelo orifício da ponta de pulverização, portanto, as gotas passam a ser atraídas pelas folhas. Esse processo de atração de moléculas tem o potencial de entregar gotas em locais de difícil acesso de gotas nas plantas, como o terço inferior e a parte abaxial das folhas. Em teoria, melhoraria a cobertura do líquido na superfície

da planta o que acarretaria em menor risco de dano ambiental, menor deriva e possibilidade de uso de menores taxas de aplicação devido a uma cobertura mais uniforme (MARTIN, 2017).

Existem três tipos de sistemas de indução de cargas: indução de carga, carga de campo ionizado, e carga direta. A técnica utilizada em barras eletrostáticas é a indução de carga, que funciona quando existe um eletrodo de carga positiva e alta voltagem, que é posicionado próximo ao orifício de saída e faz com que o líquido condutivo que está em um potencial natural seja induzido a uma carga negativa ou positiva devido a atração dos elétrons. Segundo a lei de Coulomb “se duas cargas tem o mesmo sinal, a força eletrostática entre elas é repulsiva, se elas têm sinal diferentes, a força entre elas é atrativa”.

Os sistemas eletrostáticos utilizados em aplicações de defensivos atuais são ligados por meio de um conversor de corrente diretamente a bateria do trator, e os indutores posicionados na barra são conectados em linha ao conversor. O primeiro equipamento de aplicação eletrostático foi desenvolvido por Harold Ransburg, por volta de 1940, sendo utilizado principalmente na pintura de veículos. Por volta de 1980 surgiram os primeiros equipamentos agrícolas que foram utilizados na cultura do algodão. Atualmente, esta técnica é utilizada em piscicultura, avicultura, matadouros, processamento e embalagem de carne, armazenamento e processamento de madeira, esteiras carregadoras, na indústria de produtos de saúde, dentre diversos outros usos (LAW, 2001).

Estudos revelam que o equipamento de pulverização eletrostática tem a capacidade de diminuir a deriva de defensivos e melhorar a deposição de gotas (CUNHA, 2017; ASSUNÇÃO, et al, 2020). Entretanto, alguns estudos também evidenciaram que embora exista melhor deposição de gotas, o controle de pragas não foi superior, principalmente em maiores volumes de aplicação (CUNHA, 2017; YAMANE, 2017).

3. ARTIGO CIENTÍFICO

**PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA NO CONTROLE DE *Giberella zea* EM TRIGO
E *Spodoptera frugiperda* EM MILHO**

**ELECTROSTATIC SPRAYING ON THE CONTROL OF *Giberella zea* ON WHEAT
AND *Spodoptera frugiperda* ON MAIZE**

**Eric Fernandes Luchese¹; Henrique Fernando Lidório; Rafael Pozzobon Aguirre¹;
Walter Boller¹; Adriano Arrué Melo¹.**

ABSTRACT

Pest control in wheat and corn is mainly carried out through the use of pesticides. However, the effectiveness of these products can be directly affected by how they are sprayed in the culture. Electrostatic application is a technology that can improve plant coverage, reducing drift and increasing environmental safety. The pests *Spodoptera frugiperda* and *Gibberella zea* attack corn and wheat plants annually, causing decreased productivity and lower grain quality. A field experiment was carried out in a randomized block design to evaluate the effect of application with electrostatic equipment on the control of *Spodoptera frugiperda* in conventional maize plants and *Gibberella zea* in wheat plants. The experiment had two factors, factor A, application with and without electrostatics, and factor B, three volumes of spray 50, 100 and 150 L/ha. The quality of the application was evaluated using hydrosensitive cards, using the results of coverage (%), drop density (N / cm²), volumetric median diameter and relative amplitude. To assess the effectiveness of the technology, fusarium head blight control was quantified by calculating the area under the disease progress curve. As for the control of *S. frugiperda*, they were used as damage notes. The results show that the electrostatic system

improved coverage, droplet density and pest control in wheat and corn crops. The best results were found with 100 L/ha and 150 L/ha. The electrostatic equipment did not change the droplet size, within the conditions under which the tests were carried out.

Keywords: Spray technologies, Flat fan nozzle, Hollow cone nozzle, Pests, Spray Volume.

RESUMO

O controle de pragas em trigo e milho é realizado principalmente pelo uso de defensivos agrícolas. Entretanto, a eficácia desses produtos pode ser afetada diretamente pela maneira como são aplicados na cultura. A aplicação eletrostática é uma tecnologia que pode melhorar a cobertura de plantas e aumentar a segurança ambiental. As pragas *Spodoptera frugiperda* e *Gibberella zeae*, atacam as plantas de milho e trigo anualmente, causando diminuição da produtividade e menor qualidade dos grãos. Foram realizados experimentos em campo no delineamento blocos ao acaso, para avaliar o efeito da aplicação com equipamento eletrostático no controle de *Spodoptera frugiperda* em plantas de milho e de *Gibberella zeae* em plantas de trigo. O experimento teve dois fatores, sendo o fator A, três volumes de calda 50, 100 e 150 L/ha e o fator B, a aplicação com e sem o sistema eletrostático. A qualidade da aplicação foi avaliada por meio de cartões hidrosensíveis, sendo utilizados os resultados de cobertura (%), a densidade de gotas (N/cm²), o diâmetro mediano volumétrico e a amplitude relativa. Para avaliar a eficácia da tecnologia foi quantificado o controle de giberela pelo cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença. Já para o controle de *S. frugiperda* no milho foram utilizadas notas de danos pela escala de Davis. Os resultados mostram que o sistema eletrostático melhorou a cobertura, a densidade de gotas e o controle de pragas nas culturas do trigo e do milho. Os melhores resultados foram encontrados com 100 L/ha e 150 L/ha. O equipamento eletrostático não alterou o tamanho de gotas, dentro das condições que os ensaios foram realizados.

Palavras-chave: Pragas, Tecnologia de aplicação, Pontas de pulverização e Volume de calda.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação de agrotóxicos é importante para compreender as características de uma aplicação agrícola, ela engloba toda a técnica científica direcionada a tornar o processo de aplicação mais eficiente, econômico e seguro (AZEVEDO, 2006). Diversas pesquisas vêm sendo realizadas para compreender melhor como funcionam esses processos. Estudos sobre o comportamento de gotas, equipamentos e controle de pragas estão sendo conduzidos em diversos países (PATEL, 2015; MASSINON, 2017).

A busca por novas soluções é uma constante na agricultura. Nesse contexto, o uso do sistema eletrostático é uma alternativa que vem sendo avaliado. Esse sistema funciona induzindo carga no filme líquido que passa pelo orifício da ponta, logo, como as gotas estão carregadas com uma carga elétrica, essas são atraídas pelas superfícies das folhas (LAW, 2001).

As características do equipamento fazem com que ele seja capaz de depositar o produto aplicado nos órgãos das plantas de maneira mais eficiente, sendo uma premissa da tecnologia de aplicação. Portanto, devido as características do equipamento, ele também poderia otimizar as aplicações em alvos de difícil controle, como a *Gibberella zeae* (Schw.) Petch (anamorfo = *Fusarium graminearum* Schwabe) em trigo e a lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)).

Técnicas que melhoram a eficácia e a segurança ambiental durante a aplicação de defensivos agrícolas são importantes pois podem diminuir os resíduos de agrotóxicos no solo, evitando efeitos adversos tanto para organismos sensíveis que não são alvos, quanto para humanos e outras culturas sensíveis (SHARMA, 2017). O equipamento eletrostático tem a capacidade de melhorar a cobertura do defensivo agrícola no alvo, e testes precisam ser realizados para apurar como ocorre o comportamento do líquido aplicado e qual a eficiência no controle de diferentes pragas (MARTIN, 2017).

Dessa maneira, esse trabalho tem o objetivo de avaliar a eficácia de defensivos agrícolas aplicados com o sistema eletrostático no controle de pragas de difícil controle nas culturas do trigo e milho. Para tal, foi avaliada a qualidade da aplicação, bem como, a eficácia de controle buscando preencher uma lacuna do conhecimento sobre o uso dessa tecnologia na agricultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental do Departamento de Defesa Fitossanitária no campus da Universidade Federal de Santa Maria nas coordenadas 29°42'59.92"S, 53°43'59.08"O, durante a safra 2019/2020.

Design do experimento

Os experimentos em campo foram realizados em blocos ao acaso. Os tratamentos foram distribuídos em um arranjo fatorial 2 x 3, onde o fator A representa o sistema de aplicação convencional e eletrostático e o fator B representa os três volumes de aplicação de 50, 100 e 150 L/ha. As unidades experimentais no experimento de trigo mediam 6,0 x 15 metros, totalizando uma área útil de 90 m². No experimento de milho as unidades mediam 4,0 x 6,0 metros, totalizando 24 m².

Área experimental

A semeadura do trigo ocorreu em junho de 2019 com plantas consideradas moderadamente suscetíveis a infecção por *Gibberela zae* da cultivar TBIO Sinuelo com uma densidade de sementes de 120 kg/ha. A semeadura do experimento de milho ocorreu em dezembro de 2019 com espaçamento de 0.45 cm x 0.2 cm, com sementes convencionais.

Aplicação do experimento em trigo

A primeira aplicação no trigo foi realizada quando as primeiras plantas iniciaram a antese e a segunda quinze dias após a primeira, e realizadas com uma barra eletrostática marca TSB Jet acoplada a um pulverizador hidráulico convencional modelo JACTO PJ 401, conectadas ao sistema hidráulico e bateria de um trator da marca Massey Ferguson modelo 255. As pontas utilizadas no experimento com trigo são do tipo jato plano da marca MagnoJet, modelo AD 11001, AD11002 e AD 11003, com o objetivo de gerar três volumes de calda e se trabalhar com a mesma pressão, que durante o trabalho se manteve entre 2,0 e 3,3 bar, variando conforme a necessidade do volume de aplicação e vazão da ponta. O fungicida utilizado foi a mistura de azoxistrobina + ciproconazol (Monaris[®], Syngenta) na dose de 300 ml/ha do produto comercial.

Aplicação do experimento em milho

A aplicação no milho ocorreu com uma barra eletrostática manual marca TSB Jet, acoplada a um cilindro de CO₂. Utilizando pontas do tipo cone jato cônico vazio da marca MagnoJet, modelo MAG 1, MAG 1,5 e MAG 3. O inseticida utilizado foi clorantraniliprole (Prêmio[®], FMC) na dose de 100 ml/ha do produto comercial. A pressão utilizada variou de 4,0 a 6,2 bar, para atingir os volumes de calda necessários.

Os primeiros sinais de infestação de lagartas no experimento de milho iniciaram quando as plantas estavam no estágio V3, que representa 3 folhas completamente desenvolvidas, e a aplicação ocorreu próximo ao estágio V5, no momento em que 10% das plantas apresentavam nota ≤ 3 na escala de Davis. As Avaliações foram feitas semanalmente, até a quinta semana após a aplicação em 10 plantas escolhidas aleatoriamente por parcela.

Condições climáticas durante a aplicação

As informações relacionadas as condições climáticas durante a aplicação dos ensaios estão incluídas na tabela 1. Foram utilizados dados públicos da estação climática automática localizada na Universidade Federal de Santa Maria e fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). A estação fica localizada a 1,7km de distância do local dos ensaios.

Tabela 1 - Condições climáticas durante a aplicação dos tratamentos nas duas culturas avaliadas.

Cultura	Data da aplicação	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do vento (m/s)
Trigo aplicação 1	25/09/2019	23,5	40	2,8
Trigo aplicação 2	10/10/2019	24,3	55	1,8
Milho	21/02/2020	28,8	49	2,4

Avaliações

Para avaliação da qualidade de aplicação, foram comparados o número, tamanho e diâmetro das gotas utilizando cartões hidrosensíveis próximos às folhas e fixados em estacas de madeira. Posteriormente, os cartões foram analisados pelo software Dropscope[®].

Na cultura do trigo foram utilizadas as notas da escala de controle proposta por Stack & McMullen (1995) de *Gibberela zae*, sendo os dados utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), padronizado por Campbell & Madden (1990). As avaliações foram realizadas com uma nota em uma escala linear quando zero representa nenhuma infecção e 100 representa cem por cento de espiguetas infectadas.

Já na cultura do milho foi utilizada a escala de Davis (1992), com notas de danos de *Spodoptera frugiperda*. Foram utilizadas para realizar a aplicação de inseticida quando a infestação atingiu 10% das plantas com nota ≤ 3 , e também avaliar os danos causados pela praga. As notas representam uma avaliação visual do dano ocasionado pela praga nas folhas do milho, quando a nota zero representa uma planta sem danos e a maior nota, nove, representa

uma planta completamente destruída. Para todas as variáveis analisadas foi realizado o cálculo da análise de variância (ANOVA) dentro do software SISVAR[®] (FERREIRA, 2011), e havendo significância, as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para o fator qualitativo sistema de aplicação (Convencional e eletrostático) e para os fatores quantitativos além do teste de Tukey, também foi realizada a análise de regressão do tipo linear, que se adaptou melhor aos dados analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do sistema eletrostático aumentou a área de cobertura e a densidade de gotas nas culturas avaliadas, principalmente quando se trabalhou com o volume de calda de 100 L/ha. O controle de giberela em trigo e da lagarta-do-cartucho em milho também foi influenciado pela utilização de uma aplicação com eletrostática. Para giberela se obteve um controle eficaz desde o volume de calda de 50 L/ha, enquanto que para *S. frugiperda* o volume de calda com 100 L/ha já apresentava uma resposta superior, inclusive em comparação com 150 L/ha na aplicação convencional.

Trigo

No ensaio de trigo foi avaliada a qualidade da aplicação (tabela 2). A área de cobertura mostrou uma diferença em relação ao volume de calda utilizado e da utilização do sistema eletrostático. As maiores áreas de cobertura foram nos volumes de calda de 150 L/ha, entretanto, quando se trabalhou com gotas eletricamente carregadas com volume de 100 L/ha, se obteve uma cobertura de mais de 45%. Esse aumento da área de cobertura com esse sistema de aplicação é consequência da atração das gotas para o alvo, fato esse, que ocorre devido as características desse tipo de aplicação.

A densidade de gotas também foi alterada de acordo com o sistema de aplicação, sendo que as maiores quantidades de gotas por cm^2 foram verificadas quando da aplicação eletrostática. Essa maior densidade de gotas demonstra que a utilização desse sistema na cultura do trigo, pode resultar numa melhor qualidade de aplicação, podendo ser uma alternativa visando se evitar possíveis perdas de fungicidas na cultura.

Em trabalho na cultura da uva, Salcedo et al. (2020) encontrou que os pulverizadores eletrostáticos podem reduzir em até 68% o volume de calda aplicado e ainda apresentar uma deposição semelhante ou melhor do líquido. Os resultados obtidos no presente estudo, sugerem que nas aplicações com pulverizadores de barra, resultados similares podem ser obtidos, pois a aplicação com 100 L/ha, se mostrou igual ou superior em alguns aspectos da aplicação convencional com 150 L/ha. Dessa maneira, poderia ser possível reduzir o volume de calda em 33% e não perder qualidade de aplicação.

Ainda com relação a qualidade de aplicação, a última variável analisada foi o diâmetro mediano volumétrico (DMV). Esses dados não tiveram diferenças estatísticas, esse fato se deve ao tipo de ponta utilizada ser o mesmo em todas as aplicações, e serem trocadas de acordo com a necessidade de volume de calda e principalmente pelo fato de o sistema eletrostático não afetar o tamanho de gotas, devido ao modelo do sistema utilizado utilizar um indutor externo a ponta, não influenciando na formação das gotas.

Tabela 2 - Cobertura (%), Densidade de gotas (n/cm²) e Diâmetro mediano volumétrico (DMV) na cultura do trigo.

Tratamentos	Cobertura (%)		Densidade (N/cm ²)		DMV (µm)	
Eletrostático (50)	14,83	bc	195	ab	321,08	a
Eletrostático (100)	34,0875	a	337	a	291,52	a
Eletrostático (150)	40,825	a	284	ab	215,53	a
Convencional (50)	9,48	c	126	b	221,01	a
Convencional (100)	25,6875	ab	159	b	251,41	a
Convencional (150)	38,3075	a	187	ab	274,77	a
CV	18,8		33,3		18,36	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O efeito da melhora na qualidade da aplicação teve interferência direta na eficácia de controle da giberela no trigo. A infestação de *Gibberela zeae* ocorreu de forma agressiva nas parcelas testemunha, quando a severidade da infestação chegou a 50%, que é considerado um valor normal para região em áreas sem tratamento com fungicidas (Tabela 3). Os valores de severidade diferiram, sendo que a aplicação eletrostática com 100 L/ha e 150 L/ha apresentaram os melhores resultados em todas as avaliações, demonstrando que o efeito na melhora na qualidade de aplicação se refletiu na eficácia de controle.

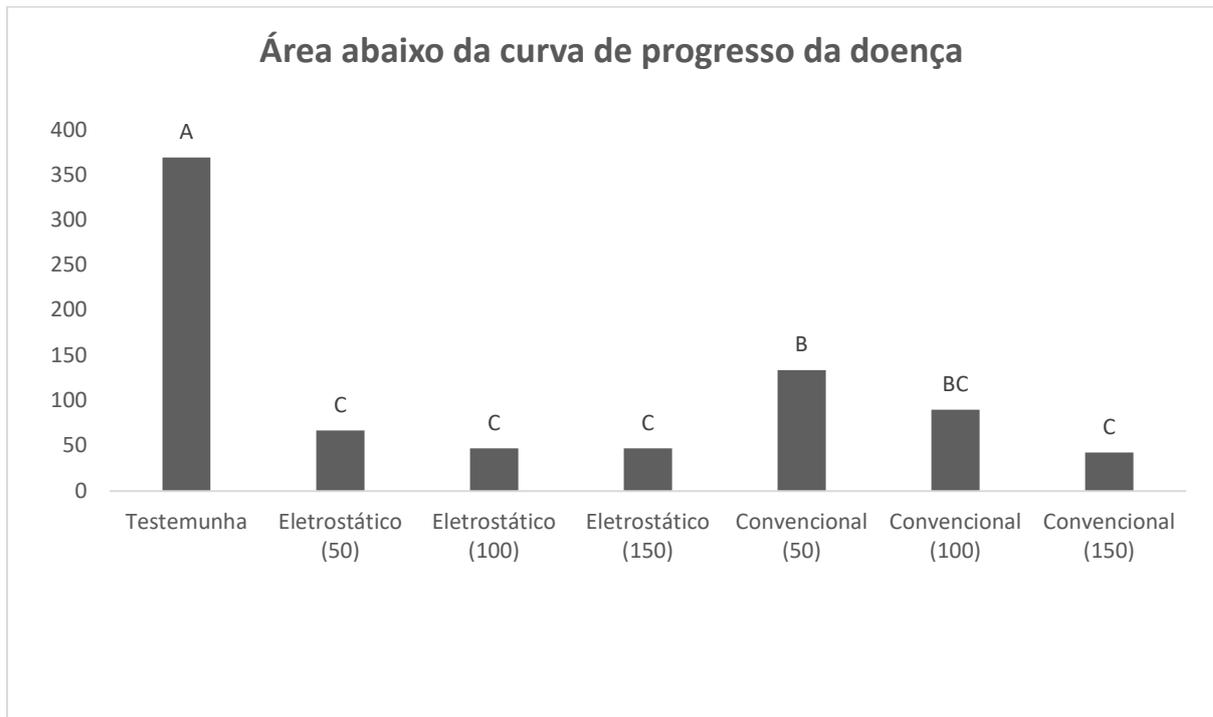
Tabela 3 - Severidade de Giberela (%) na cultura do trigo.

Tratamento	3DAA		5DAA		7DAA		10DAA		14DAA	
Testemunha	6,7	a	7,7	a	13,7	a	23,7	a	50	a
Eletrostático (50)	2,2	b	3,5	b	3	c	6,2	cd	8,7	c
Eletrostático (100)	4	ab	3,5	b	3,2	c	3,5	d	4	c
Eletrostático (150)	3,7	ab	3	b	3,2	c	4	d	4	c
Convencional (50)	2,7	ab	5	ab	8,7	b	15	b	20	b
Convencional (100)	3	ab	4	ab	5,7	bc	8,7	c	8,7	c
Convencional (150)	2	b	1	b	3,2	c	4,5	cd	5,5	c
CV	52		45		34,4		20,5		14,3	

DAA = Dias após aplicação a segunda aplicação após aplicação B. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A área abaixo da curva de progresso da doença mostra que a evolução da severidade de *Gibberela zeae* foi maior na testemunha (Figura 1). Todos os tratamentos com o equipamento eletrostático ligado não diferiram entre si e são semelhantes ao tratamento com 100 L/ha e 150 l/ha da aplicação convencional. Esse melhor controle quando se trabalhou com o sistema eletrostático era esperado devido aos resultados obtidos na qualidade de aplicação. Entretanto, esse efeito no controle da doença ratifica a utilização desse sistema na cultura do trigo visando o controle de giberela. Além disso, quando se trabalha com gotas carregadas eletricamente talvez seja possível reduzir o volume de calda, sem perdas na qualidade de aplicação, entretanto, cabe ressaltar que os melhores resultados, para as variáveis analisadas, foram obtidos com o volume de calda de 100 L/ha.

FIGURA 1 - Área abaixo da curva de progresso da doença de giberela em trigo.



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Milho

No ensaio realizado na cultura do milho a qualidade de aplicação foi avaliada por meio dos cartões hidrossensíveis (Tabela 4). As maiores áreas de cobertura foram encontradas com eletrostático 100 L/ha e 150 L/ha, seguidas pelo volume de calda de 150 L/ha da aplicação convencional. Essa melhora na qualidade de aplicação na cultura do milho foi relatada por Assunção et al. (2020), que concluiu que a deposição com sistema eletrostático no terço superior da cultura do milho foi considerada maior, bem como, a eletrificação da calda reduziu as perdas para o solo. Os resultados obtidos de cobertura, ratificam essa melhora na qualidade de aplicação.

A análise da densidade de gotas mostrou que os tratamentos de 50 L/ha com e sem o sistema eletrostático e o tratamento com 100 L/ha na aplicação convencional foram os que

tiveram a menor densidade de gotas. Como era esperado os tratamentos com o maior volume de calda (150 L/ha) foram os que tiveram as maiores densidades de gotas. Entretanto, os dados de densidade mostraram uma melhora na cobertura já com 100 L/ha no sistema eletrostático, com uma densidade de gotas maior do que 270 gotas por cm^2 .

Tabela 4 - Cobertura (%), densidade de gotas (n/cm^2) e Diâmetro mediano volumétrico (DMV) na cultura do milho.

Tratamento	Cobertura (%)		Densidade (N/cm^2)		DMV (μm)	
Eletrostático (50)	14,8	c	146,06	c	281,76	a
Eletrostático (100)	34,0	a	270,09	b	416,83	a
Eletrostático (150)	40,8	a	494,70	a	431,43	a
Convencional (50)	9,4	c	92,15	c	331,88	a
Convencional (100)	25,6	b	187,52	c	644,99	a
Convencional (150)	38,3	a	397,50	a	402,17	a
CV	24,4		26,87		44,29	

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O DMV, assim como na cultura do trigo, também não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Ratificando mais uma vez que a aplicação eletrostática não tem a capacidade de alterar o tamanho de gotas. Fato esse, que pode estar relacionado as características do equipamento, que eletrifica a gota, após a saída dessa da ponta de pulverização. Sendo assim, o sistema não tem interferência na sua formação e conseqüentemente no seu tamanho no momento da deposição, que é quando ocorre a avaliação quando da utilização dos cartões hidrossensíveis.

O resultado obtido a partir da avaliação do dano de *Spodoptera frugiperda*, utilizando a escala de Davis estão na tabela 5.

Tabela 5- Notas de dano segundo a escala de Davis pelo ataque de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.

Tratamento	1 DAA		7 DAA		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
Testemunha	3,00	a	3,80	a	6,38	a	7,48	a	7,83	a
Eletrostático (50)	2,95	a	3,53	a	4,83	b	6,88	b	7,45	a
Eletrostático (100)	2,93	a	2,98	a	1,80	d	1,85	e	2,48	c
Eletrostático (150)	2,95	a	3,10	a	2,03	d	1,85	e	2,85	c
Convencional (50)	3,08	a	3,40	a	5,93	a	7,63	a	7,08	a
Convencional (100)	2,95	a	3,30	a	2,98	c	3,88	c	4,75	b
Convencional (150)	3,08	a	3,25	a	2,08	d	3,00	d	4,85	b
CV	19,13		12,44		14,31		8,90		13,74	

DAA = Dias após a aplicação. Médias seguidas da mesma letra dentro de cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As diferenças entre os tratamentos começaram a aparecer a partir da avaliação realizada aos 14 DAA e se manteve consistente até a última avaliação realizada aos 28 DAA. O tratamento com aplicação convencional com 50 l/ha não diferiu da testemunha na última avaliação, evidenciando que essa é uma praga de difícil controle e dependente do volume de calda para que o inseticida possa expressar todo seu potencial de controle. Esses dados corroboram com o que já havia sido relatado por Bialozor et al. (2020) que em ensaio no controle de *S. frugiperda* em milho, demonstrou que o volume de calda é um dos fatores que interfere no controle desse inseto-praga.

Os melhores resultados foram encontrados quando se utilizou o sistema eletrostático nos volumes de calda de 100 L/ha e 150 L/ha. Esses dados mostram que um sistema que eletrifique as gotas de pulverização, podem ser uma alternativa para incrementar a eficácia dos defensivos agrícolas em pragas de difícil controle. Fato esse, que se deve a melhora da qualidade de aplicação como um todo, possibilitando uma melhora na cobertura e densidade de gotas e conseqüentemente uma melhora na eficácia de controle.

CONCLUSÃO

A utilização do sistema eletrostático melhorou a cobertura, a densidade de gotas e o controle de pragas nas culturas do trigo e do milho. Os melhores resultados foram encontrados com 100 L/ha e 150 L/ha, sendo que para a maioria das variáveis analisadas o volume de calda de 100 L/ha se mostrou suficiente e superior em alguns casos a aplicação de 150 L/ha na aplicação convencional. O equipamento eletrostático não alterou o tamanho de gotas, dentro das condições que os ensaios foram realizados.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO F. R.; FREIRE, F. C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Fortaleza: Embrapa agroindústria tropical. 47p. documentos 102. 2006.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OKUMA, D. M.; et al. Selection and characterization of resistance to the Vip3Aa20 protein from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**. v.72 p. 1794-1802. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4223>.

BIALOZOR, A.; PERINI, C.R.; ARNEMANN, J.A. et al. Water in maize whorl enhances the control of *Spodoptera frugiperda* with insecticides. **Pesqui. Agropecu. Trop.** 50, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5059517>.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology.** 1990. 532 p. 1990.

CHEN, H.; WU, Q.; ZHANG, G.; WU, J.; ZHU, F.; YANG, H.; ZHUANG, Y. Carbendazim-resistance of *Gibberella zea* associated with fusarium head blight and its management in Jiangsu Province, China. **Crop Protection** 124. 2019 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104866>

CONAB – Companhia nacional de abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira – grãos. 9º levantamento safra 2020/21. ISSN: 2318-6852

DA CUNHA, J. P. A. R.; BARIZON, R. R. M.; FERRACINI, V. L.; ASSALIN, M.R. Spray drift and caterpillar and stink bug control from aerial applications with electrostatic charge and atomizer on soybean crop. **Engenharia Agrícola** v. 37 n. 6 p. 1163-1170. 2017. DOI: <https://oi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n6p1163-1170/2017>.

DAVIS, F. M; WILLIAMS, W.P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Technical Bulletin 186; Mississippi Agricultural and Forestry Research Experiment Station: Mississippi State University, MS, USA. 1992.

FAO – Food and Agriculture Organization. Integrated management of the fall armyworm on maize: a guide for Farmer Field Schools in Africa. Rome, Italy. 2018

JIANG, C.; ZHANG, C. K.; WU, C. L. et al. TRI6 and TRI10 play different roles in the regulation of deoxynivalenol (DON) production by cAMP signalling in *Fusarium graminearum*. **Environ. Microbiol.** 18 (11), ISSN: 3689–3701. 2016.

MASSINON, M.; DE COCK, N.; FORSTER, W. A. et al. Spray droplet impaction outcomes for different plant species and spray formulations. **Crop Protection.** V. 99, p. 65-75, 2017.

MATUO T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: Guedes JVC. Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária: sociedade de agronomia de Santa Maria, 1998.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E. et al. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science** v. 72, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4201>

PATEL, M.K; SAHOO, H.K.; NAYAK, M.K. et al. Electrostatic Nozzle: New Trends in Agricultural Pesticides Spraying. **International Journal of Electrical and Electronics Engineering.** ISSN: 2348-8379. 2015.

SALCEDO, RAMÓN.; LLOP, J.; CAMPOS, J. et al. Evaluation of leaf deposit quality between electrostatic and conventional multi-row sprayers in a trellised vineyard. **Crop Protection.** v. 127, 2020.

SHARMA, N.; SINGHVI, R. Effects of Chemical Fertilizers and Pesticides on Human Health and Environment: A Review. **International journal of agriculture, environment and biotechnology**, 10(6): 675-679 DOI: 10.5958/2230-732X.2017.00083.3. 2017.

SOBIECH, Ł.; GRZANKA, M.; SKRZYPCZAK, G.; et al. Comparative Evaluation of Electrostatic Sprayer with Powered Mist Blower. **International Journal of Engineering Research and Development**, v. 12 p. 04-11, ISSN: 2278-800X. 2016

TRALAMAZZA, S.M.; BEMVENUTI, R.H.; ZORZETE, P. et al. Fungal diversity and natural occurrence of deoxynivalenol and zearalenone in freshly harvested wheat grains from Brazil. **Food Chem.** v.196, p.445 – 450. 2016.

4. DISCUSSÃO GERAL

O controle de Giberela em trigo e da lagarta do cartucho em milho foi influenciado através do uso do equipamento. Em todos os volumes de aplicação houveram diferenças estatísticas do tratamento com o equipamento eletrostático ligado para o desligado. Os resultados mais proeminentes foram observados com o volume de calda de 100 L/ha. Para giberela o controle foi eficaz a partir dos 50 L/ha, e para lagarta do cartucho o controle em 100 L/ha foi superior a aplicação convencional com 150 L/ha.

Não houve interferência do equipamento no diâmetro mediano volumétrico, portanto o sistema eletrostático utilizado nestes ensaios não possui capacidade de alterar este fator.

4.1. TRIGO

No ensaio de trigo mesmo no menor volume de 50 L/ha e não havendo diferenças estatísticas dos dados, o equipamento eletrostático proporcionou 5,35% a mais de cobertura e 63,09% a mais de gotas por cm^2 com o equipamento ligado. Em 100 L/ha, houve cobertura superior a 45%, este comportamento pode estar relacionado a atração das gotas para as folhas, evidenciando a característica principal do equipamento.

A densidade de gotas foi alterada pelo sistema de aplicação, sendo as maiores quantidades de gotas por área foram observadas quando o equipamento eletrostático estava ligado.

A qualidade da aplicação quando o equipamento estava ligado foi superior ou equivalente em 100 L/ha ao sistema convencional a 150 L/ha, isto evidencia que este sistema possui a capacidade de diminuir o volume em 33% sem perder qualidade na aplicação.

Resultados superiores de controle de giberela com o sistema eletrostático ligado eram esperados devido aos parâmetros relacionados com a qualidade da aplicação apresentarem valores maiores.

4.2. MILHO

No ensaio de milho os resultados foram semelhantes, a maior cobertura de defensivo, nos cartões hidrossensíveis, foi observada em 100 L/ha e 150 L/ha com o sistema eletrostático ligado, seguidos de 150 l/ha com o sistema convencional. O aumento do volume de pulverização proporcionou aumento da densidade de gotas/ cm^2 , entretanto com o sistema ligado

os valores foram superiores ao sistema convencional. Em volumes maiores houve um controle superior de lagarta do cartucho, principalmente devido ao seu comportamento que a tornam uma praga difícil de ser controlada em baixos volumes de aplicação.

O sistema eletrostático ligado apresentou os melhores resultados em relação ao sistema convencional, possivelmente devido a maior cobertura e densidade de gotas depositadas no alvo. Portanto, o equipamento eletrostático possui a capacidade de melhorar parâmetros que estão relacionados a qualidade da aplicação, com isso, a eficácia do controle também é observada, inclusive em pragas de difícil controle.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado dos experimentos permitiu gerar artigos científicos que reforçaram conhecimentos relacionados a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com o uso do equipamento eletrostático. Os dados gerados nessa dissertação são importantes, pois os conhecimentos gerados por meio dos ensaios realizados, constituem um importante resposta para que técnicos/agricultores possam decidir em quais situações o equipamento eletrostático poderá ser necessário.

O equipamento eletrostático utilizado nos ensaios conseguiu entregar melhores resultados que envolvem parâmetros relacionados a qualidade de aplicação como cobertura e densidade de gotas, principalmente no volume de 100 L/ha. Entretanto, não foi capaz de alterar o diâmetro mediano volumétrico dos impactos das gotas das pulverizações nos cartões hidrossensíveis.

Além disto, ferramentas como o equipamento eletrostático, que conseguem melhorar a qualidade da aplicação são importantes pois passam a fazer parte de um conjunto de escolhas durante o manejo de pragas, que podem diminuir o volume de aplicação e minimizar os riscos como deriva e perda de ingrediente ativo ocasionando maior rendimento operacional, maior economia de insumos como óleo diesel, e menor risco de contaminação.

A tecnologia de aplicação é um importante assunto e recorrente em diversos experimentos que envolvem aplicação de defensivos, ela foi fundamental para nortear essa dissertação e serviu como pilar para esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMAS, P.; BATEMAN, M.; BEALE, T.; CLOTTEY, V. et al. Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa; Evidence Note (2); CABI: Oxfordshire, UK, September 2017
- ARAUJO, D. de. et al. Interference of spray volume, fruit growth and rainfall on spray deposits in citrus black spot control periods. **Cienc. Rural**, v. 46, n. 5, p. 825-831, Maio 2016.
- ASSUNÇÃO, H. H. T.; DA CUNHA, J. P. A. R.; S. M. SILVA, S. M. et al. Spray deposition on maize using an electrostatic sprayer. **Engenharia Agrícola**. 2020 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n4p503-510/2020>
- AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa agroindústria tropical. 47p. documentos 102. 2006.
- BERNARDI O.; BERNARDI D.; HORIKOSHI RJ. et al. Selection and characterization of resistance to the Vip3Aa20 protein from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**. v.72 p. 1794-1802. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4223>. 2016.
- BIALOZOR, A.; PERINI, C.R.; ARNEMANN, J.A. et al. Water in maize whorl enhances the control of *Spodoptera frugiperda* with insecticides. **Pesqui. Agropecu. Trop.** 50, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5059517>.
- BUENO, M. R.; DA CUNHA, J. P. A. R.; DE SANTANA D. G.. Assessment of spray drift from pesticide applications in soybean crops. **Biosystems Engineering**. V.154, p. 35-45, 2017.
- BUTLER-ELLIS, M.C.; TUCK, C.R. How Adjuvants Influence Spray Formation with Different Hydraulic Nozzles. **Crop Protection**, 18, 101-109. 1999
- CASALI, A.L. **Condições de uso de pulverizadores e tratores na região Central do Rio Grande do Sul**. 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- CHEN H.; WU Q.; ZHANG G.; WU J.; ZHU F.; YANG H.; ZHUANG Y. Carbendazim-resistance of *Gibberella zea* associated with fusarium head blight and its management in Jiangsu Province, China. **Crop Protection**. v. 124. 2019.
- CAPINERA, J.L. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae), 2017. Available online: <http://edis.ifas.ufl.edu/in255> acessado em 15 de novembro de 2020.
- CONAB – Companhia nacional de abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira – grãos. 9º levantamento safra 2020/21. ISSN: 2318-6852
- COWGER, C., WEISZ, R., ARELLANO, C., MURPHY, P. Profitability of integrated management of Fusarium head blight in North Carolina winter wheat. **Phytopathology** 106 (8), 814. 2016.
- CREECH, C. F.; HENRY, R. S.; FRITZ, B. K.; KRUGER, G. R. Influence of Herbicide Active Ingredient, Nozzle Type, Orifice Size, Spray Pressure, and Carrier Volume Rate on Spray Droplet Size Characteristics. **Weed Technology**. V. 29 2017.

CREECH, C. F.; HENRY, R. S.; HEWITT, A. J.; KRUGER, G. R. Herbicide Spray Penetration into Corn and Soybean Canopies Using Air-Induction Nozzles and a Drift Control Adjuvant. **Weed Technology**. V. 29 2017.

CROMEY, M.G., LAUREN, D.R., PARKES, R.A. et al. Control of fusarium head blight of wheat with fungicides. **Australasian Plant Pathology** 30, 301–308, 2001 <https://doi.org/10.1071/AP01065>.

DA CUNHA, J. P. A. R.; BARIZON, R. R. M.; FERRACINI, V. L. et al Towards a model of spray-canopy interactions: interception, shatter, bounce and retention of droplets on horizontal leaves. **Ecol. Model.** V. 290, 94-101, 2014.

DANESHNIA, S. N.; ALICHI., M.; HEIDARI, B. Determining the appropriate spray time for *Cydia pomonella* (Lep: Tortricidae) in apple orchards using sex pheromone and degree day in Khanehzenyan, Fars. **Plant Protection Journal** V.4 No.1 pp.37-44 2012.

DANELLI, A. L. D.; ZOLDAN, S.; REIS, E. M. Giberela - Ciclo da doença. Disponível em: <https://silo.tips/download/giberela-ciclo-da-doena>. Acessado em 12 de fevereiro de 2020.

DORUCHOWSKI, G.; ŚWIECHOWSKI, W.; MASNY, S.; MACIESIAK, A.; TARTANUS, M.; BRYK, H.; HOŁOWNICKI, R. Low-drift nozzles vs. standard nozzles for pesticide application in the biological efficacy trials of pesticides in apple pest and disease control. **Science of The Total Environment**, 575, 1239–1246. 2017 doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.2

FRITZ, B.K.; HOFFMANN, W.C.; LAN, Y. Evaluation of the EPA Drift Reduction Technology (DRT) Low-Speed Wind Tunnel Protocol. **Journal of ASTM International**, 6, 1-11. 2009 <https://doi.org/10.1520/JAI102129>

GILBERT J, HABER S. Overview of some recent research developments in Fusarium head blight of wheat. **Plant Pathol.**35:149174. <https://doi.org/10.1080/07060661.2013.772921>

GIMENES, M. J.; RAETANO C. G., POGETTO, M. H. F. A. et al. Air-assistance in spray booms which have different spray volumes and nozzle types for chemically controlling *Spodoptera frugiperda* on corn. **Journal Of Plant Protection Research**. Vol. 52, No. 2 2012 DOI: 10.2478/v10045-012-0039-y

GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. *Planta daninha*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 83-92, Mar. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010083582015000100083&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 24 de Junho de 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000100010>

GULER, H.; ZHU, H.; H.; OZKAN, E.; LING, P. Characterization of hydraulic Nozzles for droplet size and spray coverage. *Atomization and Sprays*, 22 (8): 627–645, 2012

JONES, R.K. Assessments of Fusarium head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. **Plant Disease** 84, 1021–1030, 2000.

LAW, S. E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during the 20th century. **Journal of Electrostatics** 51-52, 25-42 2001.

LU, H.; LI, F.; ZHU, X.; TANG, J.; LYU, B.; WU, S. Preliminary study on the effect of using unmanned aerial vehicles (UAVs) to control *Spodoptera frugiperda*. **Entomological Research**. 2021, DOI: <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12538>

MARCONDES, et al. Manual de tecnologia de aplicação. Disponível em <https://www.fmcagricola.com.br/images/manuais/ANDEF_MANUAL_TECNOLOGIA_DE_APLICACAO_web.pdf> acessado em 24 de junho de 2018.

MARTIN, D. E.; LATHEEF, M. A. Aerial electrostatic spray deposition and canopy penetration in cotton. **Journal of Electrostatics**. v. 90, p. 38-44, 2017.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: GUEDES, J. V. C. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária: sociedade de agronomia de Santa Maria, 1998.

MCMULLEN, M., JONES, R., GALLENBERG, D. Scab of wheat and barley: a reemerging disease of devastating impact. **Plant Disease** 81, 1340–1348. 1997.

MELO, A. A; ALMERINI, D. D.; LUCHESE, E. F.; HAHN, L.; ALMEIDA, M. L.; MACHADO, M. C.. Longo caminho. Cultivar grandes culturas, v. 28, p. 30-32, 2018.

MUSIU, E. M.; QI, L.; WU, Y. Spray deposition and distribution on the targets and losses to the ground as affected by application volume rate, airflow rate and target position. **Crop Protection**. v 116, 2019.

NAMIKI, S., OTANI, T., MOTOKI, Y., SEIKE, N., & IWAFUNE, T. Differential uptake and translocation of organic chemicals by several plant species from soil. **Journal of Pesticide Science**, 43(2), 96–107, 2018. doi:10.1584/jpestics.d17-088.

NASCIMENTO, R S.M.; FERREIRA, L. R.; ZAMBOLIM L.; DOUGLAS F.P. et al. Spray mixture volume in the control of Asian soybean rust. **Crop Protection**. v. 146, 2021 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105662>

PARRY, D.W., JENKINSON, P. & McLEOD, L. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals -a review. **Plant Pathology** v.44, p. 207-238, 1995.

PRASANNA, B.M.; HUESING, J.E.; EDDY, R.; PESCHKE, V.M. Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management, 1st ed.; CIMMYT: Edo Mex, Mexico, 2018.

PATEL, M. K.; PRAVEEN, B.; SAHOO, H. K. et al. An advance air-induced air-assisted electrostatic nozzle with enhanced performance. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 135 p. 280–288. 2017 DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816991631122X?via%3DihubREI>

S, E. M. **Doenças do trigo** III –Giberela. 2ed revisada e ampliada, 1988, 13p.

REIS E.M.; BARUFFI, D.; REMOR, L.; ZANATTA, M. Decomposition of corn and soybean residues under field conditions and their role as inoculum source. **Summa phytopathologica.**, vol.37, n.1, p.65-67. 2011.

WAITE, G. K. The basking behaviour of *Nezara viridula* (L.) (pentatomidae: hemiptera) on soybeans and its implication in control. **Australian Journal of Entomology.** V. 19, 2, 1980.

GUOBIN W.; YUBIN L. HAIXIA Q. PENGCHAO C.; ANDREW H.; YUXING H. Field evaluation of an unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer: effect of spray volume on deposition and the control of pests and disease in wheat. **Pest Manag Sci**; 75: 1546–1555. 2019

WOLF, R.E., DAGGUPATI, N.P. Nozzle type effect on soybean canopy penetration. **Appl. Eng. Agric.** 25, 23e30. 2009

YAMANE, S.; MIYAZAKI, M. Study on Electrostatic Pesticide Spraying System for Low-Concentration, High-Volume Applications. **Agricultural Engineering.** v.51, p. 11-16. 2017.

YEE, W. L./ PHILLIPS, P. A.; FABER, B. A. Effects of Aerial Spray Volume, Coverage, and Sabadilla on *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Economic Entomology**, V. 94,5 , 2001, P.1085–1089, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.5.1085>

ZABKIEWICZ A. J.; **Spray formulation efficacy—holistic and futuristic perspectives.** Crop protection. v. 26, p. 312-319. 2007.

ZHU, L.; GE, J.; QI, Y.; CHEN, Q.; HUA, R.; LUO, F.; CHEN, P. Droplet impingement behavior analysis on the leaf surface of Shu-ChaZao under different pesticide formulations. **Computers and Electronics in Agriculture**, V. 144, p. 16-25, 2018.

ANEXO A – LIMITES MÁXIMOS TOLERADOS (LMT) PARA MICOTOXINAS.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
(DON)	Arroz beneficiado e derivados, farinha branca de trigo	750
(DON)	Trigo e milho em grãos para posterior processamento	3000
(DON)	Trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral, farelo de trigo, farelo de arroz, grão de cevada	1000
Zearalenona	Alimentos a base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	20
Zearalenona	Milho em grão e trigo para posterior processamento	400
Zearalenona	Farinha de trigo, massas, crackers e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada.	100
	Trigo integral, farinha de trigo integral, farelo de trigo	200

Fonte: Ministério da Saúde, Resolução N° 7, DE 18 de fevereiro de 2011.