

RODRIGO SANTOS MARQUES

**Controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemíptera: Cicadellidae) na cultura do milho com pulverização eletrostática**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2018

RODRIGO SANTOS MARQUES

**Controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemíptera: Cicadellidae) na cultura do milho com pulverização eletrostática**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADO em 26/02/2018

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga

UFU

Dr. Sergio Macedo Silva

UFU

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Rodrigues Bueno

UNITRI

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

ICIAG-UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

M357c      Marques, Rodrigo Santos, 1989  
2018      Controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemíptera: Cicadellidae) na cultura do milho com pulverização eletrostática / Rodrigo Santos Marques. - 2018.  
34 f. : il.

Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.761>  
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Milho - Doenças e pragas - Controle - Teses. 3. Pulverização - Teses. 4. Controle fitossanitário - Teses. I. Cunha, João Paulo Arantes Rodrigues da. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

---

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

*Aos meus amados pais, Sirley Ferreira Santos Marques e Alciomar da Silva Marques;  
aos meus queridos irmãos, Sicilya Santos Marques e Daniel Ferreira Marques;  
à minha companheira e noiva, Hanna Oliveira Silva.  
Vocês são meus exemplos de luta e dedicação.*

***E por isso dedico!***

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente a **DEUS** que, com amor e sabedoria, tem sempre me guiado. Pelo dom da vida que me foi dado, pela força e coragem que tem posto em meu coração para sempre enfrentar e vencer as dificuldades. Agradeço pelas pessoas maravilhosas que ELE permitiu em meu caminho para que a jornada fosse mais leve.

Aos meus amados pais, **Sirley Ferreira Santos Marques e Alciomar da Silva Marques** que, com grande luta e dedicação, fizeram com que eu chegasse até esse momento, sempre com apoio e incentivo sem medida em todas as minhas escolhas. Pela educação e valores morais que me transmitiram e, principalmente, pelo amor incondicional que sempre me demonstraram. Vocês sempre puseram os meus sonhos à frente dos seus. Essa vitória é de vocês tanto quanto minha, pois sem as suas presenças indispensáveis nada disso teria sido possível.

Aos meus queridos irmãos **Sicilya Santos Marques e Daniel Ferreira Marques** que sempre acreditaram em mim. Pela convivência e conselhos que me deram. Por sempre apoiarem minhas escolhas e, sobretudo, pela amizade e pelo amor que me acompanham desde o começo de minha vida.

À minha amada noiva, **Hanna Oliveira Silva**, pelo amor incondicional. Por ser meu porto seguro, pela crença constante em meus ideais e, acima de tudo, por ter sido minha força quando as minhas já haviam se acabado. Você sempre soube me escutar, me aguentar, me ajudar e, além de tudo isso, soube me aconselhar. Amor, você também faz parte do meu sucesso!

Aos meus familiares, que sempre se orgulharam das minhas conquistas, desde a aprovação no vestibular até a conclusão deste Mestrado. Agradeço, especialmente, à minha querida Avó **Maria Helena de Carvalho** (*in memoriam*), que sempre lutou arduamente pelos seus filhos e netos, dispensando cada momento de sua vida ao cuidado de todos. Sempre me lembrarei do orgulho que sentiu por cada conquista alcançada por nós. Agradeço pelo amor, abdicação e também pelas suas orações. Vovó Helena, espero tê-la orgulhado.

Ao meu orientador, **Dr João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha** que, com paciência e dedicação, sempre esteve pronto a me ajudar e me aconselhar. Deixo aqui um profundo respeito e imensa admiração, agradecido pelos ensinamentos que, desde a graduação, vêm sendo a mim ministrados; ainda, agradeço pelos conselhos e pela imprescindível amizade. Espero um dia me tornar um profissional como o senhor.

Aos amigos do LAMEC, **Guilherme Sousa, Rafael Marcão, Mariana, Sérgio, César, Thales, Marcelo e Olinto**, pela grande ajuda que me dispensaram. Sem vocês, este trabalho não teria sido possível. Vocês abdicaram do seu tempo para uma ajuda sem medida, indo ao campo comigo, debaixo de sol quente. Todos os ensinamentos que me transmitiram foram essenciais nesta jornada. Muitos foram indispensáveis para a conclusão deste trabalho.

À empresa SPE – Sistema de Pulverização Eletrostático, onde tive o orgulho de fazer parte da “Equipe sem Limites”. Em especial, meus agradecimentos a **Juliano Petry**, que considero um amigo, por tão prontamente, ter oferecido os meios necessários para a realização desta pesquisa.

À **Universidade Federal de Uberlândia**, pela minha formação desde a graduação.

Enfim, o meu muito obrigado a **todos**, inclusive àqueles que indiretamente contribuíram para a minha formação e para a execução deste trabalho. Tenham a certeza, sempre, de que vocês fazem parte de mais essa vitória na história de minha vida.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| RESUMO .....                                      | i  |
| ABSTRACT .....                                    | ii |
| 1. Introdução .....                               | 1  |
| 2. Objetivos .....                                | 6  |
| 3. Material e Métodos .....                       | 7  |
| 3.1 Área Experimental .....                       | 7  |
| 3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos ..... | 7  |
| 3.3 Avaliação de Deposição de Calda .....         | 10 |
| 3.4 Avaliação da Eficácia Biológica .....         | 12 |
| 3.5 Análise de Dados .....                        | 13 |
| 4. Resultados e Discussão .....                   | 13 |
| 4.1 Deposição de Calda .....                      | 13 |
| 4.2 Eficácia Biológica .....                      | 16 |
| 5. Conclusões .....                               | 19 |
| Referências .....                                 | 20 |

## RESUMO

O milho é um dos principais cereais produzidos no Brasil. No entanto, o controle fitossanitário eficiente ainda é um desafio, sendo que a ocorrência de pragas é um fator limitante à produção. Dentre as pragas, atualmente destaca-se a cigarrinha do milho, causadora de danos diretos pela sucção de seiva e indiretos por ser um vetor de patógenos e vírus, podendo causar perdas de até 100% da produção. Nesse contexto, visando melhorar a qualidade das aplicações de produtos fitossanitários, tem-se aumentado o uso da tecnologia de pulverização eletrostática; no entanto, ainda sem o devido respaldo da pesquisa. Este trabalho objetivou avaliar a deposição de calda e a eficiência no controle da cigarrinha do milho, utilizando o sistema de pulverização eletrostática, comparado ao sistema convencional, em diferentes taxas de aplicação. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos, em esquema fatorial 2x2+2: presença ou ausência de sistema de pulverização eletrostático, duas taxas de aplicação (35 e 50 L ha<sup>-1</sup>), um tratamento adicional, no qual empregou-se ponta de pulverização hidráulica e taxa de 100 L ha<sup>-1</sup>, e outro tratamento adicional sem aplicação de inseticida, com intuito de embasar o estudo de infestação da praga. Cada tratamento constou de oito repetições, nas quais foram avaliadas as deposições de calda e a eficácia no controle. Para as aplicações do inseticida na cultura do milho, foi utilizado um pulverizador de barra com sistema de pulverização eletrostática. Para a avaliação da deposição, adicionou-se à calda o marcador Azul Brilhante para ser detectado por absorbância em espectrofotometria. Para a avaliação de eficácia de controle da cigarrinha do milho, foi utilizado o inseticida composto por tiametoxam e lambda-cialotrina, comparando com a testemunha sem aplicação. Houve um incremento significativo na deposição de calda, tanto nas folhas superiores quanto nas folhas inferiores do milho, com o uso da tecnologia de pulverização eletrostática comparada ao sistema de pulverização convencional. O controle fitossanitário da cigarrinha do milho também se mostrou superior. A pulverização eletrostática possibilitou ainda a redução das taxas de aplicação em aproximadamente três vezes em relação à utilizada na pulverização hidráulica.

**PALAVRAS-CHAVE:** tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, sistema de pulverização eletrostático, cigarrinha do milho



## ABSTRACT

Among the pests that attack the maize crop, the maize leafhopper, which causes direct damages by sap sucking and indirect ones, stands out as being a vector of pathogens and viruses, and can cause losses of up to 100% of the production. An alternative to improve the chemical control of this pest is the use of electrostatic spraying technology, however, there is no research support. This study aimed to evaluate the deposition of spray in the maize crop and the effectiveness in the chemical control of the maize leafhopper, using the electrostatic spraying system, at different application rates, compared to the conventional spraying system. The experiment was conducted in a randomized block design with five treatments, in a  $2 \times 2 + 2$  factorial scheme: presence or absence of electrostatic spraying system, two application rates (35 and 50 L ha<sup>-1</sup>), an additional treatment using a hydraulic spraying and a rate of 100 L ha<sup>-1</sup>, and other additional treatment without the application of insecticide, in order to support the study of pest infestation. Each treatment consisted of eight replicates, in which the spray deposition in the maize canopy and the efficiency in the control were evaluated. For the insecticide applications, a rod sprayer with induction electrostatic spraying system was used with indirect electrification. To evaluate the deposition, the Brilliant Blue FCF marker was added to the spray to be detected by absorbance in spectrophotometry. For the efficacy control of the maize leafhopper, the insecticide composed of thiamethoxam and lambda-cyhalothrin was used, comparing with the control without the application. There was a significant increase in the spray deposition, both in the upper and lower maize leaves, with the use of electrostatic spray technology compared to the conventional spray system. The crop protection control of the maize leafhopper was also superior. The electrostatic spraying also made it possible to reduce the application rate by approximately three times in relation to that used in conventional hydraulic spraying.

**KEY-WORDS:** application technology, electrostatic sprayer, corn leafhopper.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L*) é um dos principais cereais produzidos no Brasil, sendo o país o terceiro maior produtor mundial e o segundo maior exportador do grão (USDA, 2017). Segundo a Conab (2018), a estimativa para a safra brasileira de milho 2017/18 é de que a área plantada alcance 17,06 milhões de hectares, representando uma redução de 3% frente à safra passada. Essa cultura é responsável por 28,9% da área cultivada e se estima que a produção do grão alcance 92,22 milhões de toneladas.

No entanto, a cultura do milho, assim como a dos demais cereais, apresenta grandes desafios para que se alcancem altas produtividades e grãos de qualidade. Dentre os vários fatores que estão relacionados a esse processo, pode-se dar ênfase ao controle fitossanitário, pois a ocorrência de pragas é um fator limitante ao potencial produtivo da cultura (GASSEN, 1996). Segundo Viana et al. (2002), as principais pragas que atacam a cultura do milho são os cupins, complexos de lagartas, cigarrinhas e as pragas de grãos armazenados. Já as doenças mais conhecidas são a cercosporiose, ferrugem comum, antracnose do colmo, antracnose foliar e mancha branca (CASELA et al., 2002). A maioria das cultivares de milho apresenta vulnerabilidade à incidência de patógenos, sendo que o controle químico ainda é a grande solução para o controle fitossanitário, estando diretamente ligado a uma tecnologia de aplicação eficiente.

Entre tais pragas que causam danos à cultura do milho, destaca-se a cigarrinha do milho, antes considerada praga secundária, mas que vem assumindo papel importante nos últimos anos, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Silva et al. (1991) associaram o aumento da área cultivada de milho e a redução da sazonalidade de seu cultivo com as mudanças da importância relativa da praga na cultura.

Segundo Douglas et al. (1966), já foram detectadas nos Estados Unidos, mais de 30 espécies de cigarrinhas no milho. Entre essas espécies, a *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) foi considerada como uma das principais espécies vetoras de patógenos (NAULT; AMMAR, 1989), além de causar dano direto pela sucção de seiva (BUSHING; BURTON, 1974).

Quando a população é muito alta, esses insetos podem ocasionar seca e morte das plantas jovens, em função da intensa sucção da seiva e da grande quantidade de ovos depositados no limbo foliar, ou ainda pela ação tóxica da sua saliva e/ou devido à

excreção açucarada que propicia o desenvolvimento de fungos sobre as folhas (BUSHING; BURTON, 1974; NAULT et al., 1983; MARÍN, 1987). Cerca de 40% de redução no peso da parte aérea e de 62% na parte subterrânea em plântulas de milho, devido à alimentação de *D. maidis*, foram registradas por Waquil (1997).

Waquil et al. (1996) observaram danos às plantas de milho causados pela extração de seiva, injeção de saliva tóxica e, principalmente, pela inoculação de agentes causadores de doenças, como micoplasmas e vírus. Esses patógenos podem causar perdas de até 100% da produção na cultura do milho, dependendo da época da infecção e do híbrido utilizado (NAULT, 1990).

Porém, os principais danos decorrem da transmissão dos agentes patogênicos como o *Spiroplasma kunkelii* (CSS-corn stunt spiroplasma), o fitoplasma do milho (MBSP-maize bushy stunt phytoplasma) e o vírus da risca do milho (MRFV-maize rayado fino vírus) (KITAJIMA et al., 1984; KITAJIMA; NAZARENO, 1985), causando doenças como o enfezamento do milho e viroses, como rayado-fino (KUNKEL, 1946; KITAJIMA, 1979).

No Brasil, Costa et al. (1971) também registraram as cigarrinhas *D. maidis* como importante vetor de patógenos em milho e também a ocorrência da virose rayado fino, em 60% das plantas de milho infectadas com o vírus da risca do milho em plantios tardios. As perdas na produção causadas por essa doença podem chegar a 28,64% (WAQUIL et al., 1996). Segundo Oliveira (1998), a incidência de doenças do milho associadas aos mollicutes no país, aumentou consideravelmente, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

Entre outras táticas do M.I.P., o controle desse hemíptero resume-se, principalmente, na utilização de híbridos tolerantes, aplicação de inseticidas seletivos e tratamento de sementes. Entretanto, algumas características biológicas e comportamentais desse inseto favorecem a ele mesmo. Segundo Oliveira (2000), o *D. maidis* apresenta alto potencial biótico e migra a longas distâncias, colonizando campos de milho recém-germinados. A transmissão dos fitopatógenos ocorre em menos de uma hora (LEGRAND; POWER, 1994), requerendo medidas que interfiram eficientemente nesse processo.

Além disso, mesmo com a existência de moléculas inseticidas de boa eficácia, a tecnologia de aplicação ainda é um fator limitante ao controle eficiente de pragas e doenças, pois a qualidade da cobertura e a redução das perdas por deriva e evaporação influenciam diretamente na eficácia biológica dessas moléculas (OZEKI; KUNZ, 1998).

O grande desafio a ser vencido pela tecnologia de aplicação consiste em fazer com que as gotas atravessem a camada superior de folhas das plantas e atinjam o baixeiro com condições de distribuir, depositar e cobrir, adequadamente, todo o dossel (FERREIRA; OLIVEIRA, 2008). Segundo Cunha et al. (2008), nos tratamentos fitossanitários dá-se muita atenção aos agrotóxicos utilizados, mas a tecnologia para a sua aplicação é deixada muitas vezes para segundo plano. Dessa forma, as aplicações precisam vencer a barreira imposta pela massa de folhas, e assim promover boa cobertura no interior da planta (OZKAN et al., 2006; ZHU et al., 2008).

A eficácia do tratamento depende não somente da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo (JEON et al., 2004). De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas.

Assim, o uso de técnicas adequadas de aplicação, que favorecem o depósito de produto no alvo, é uma das maneiras de aumentar a eficácia dos tratamentos, além de reduzir perdas como deriva e escurrimto e riscos de contaminação ambiental (CUNHA, 2008; RODRIGUES et al., 2010; VAN ZYL et al., 2013). Nas aplicações realizadas, a quantidade de princípio ativo que, na verdade, atinge o alvo é menor do que a aplicada (CHAIM et al., 1999; CHAIM et al., 2000). Nesse sentido, o transporte do ingrediente ativo para o interior do dossel é condição básica para o controle eficaz de pragas e doenças e, à medida que o ciclo da cultura avança, atingir as camadas inferiores do dossel se torna um desafio cada vez maior.

Segundo Souza et al. (2011), a atenção a fatores como pulverizador, tamanho e a densidade de gotas, perdas para o solo e por deriva, além da melhor taxa de aplicação, são indispensáveis para uma aplicação de qualidade. Segundo Fritz et al. (2012), o tamanho das gotas é um fator fundamental no depósito da calda e está relacionado diretamente com as perdas. Gotas finas elevam a cobertura em pulverizações, o que favorece a eficácia dos produtos (DERKSEN et al., 2007b), porém sofrem mais deriva; gotas grossas, menos sujeitas à evaporação e deriva, são mais propensas a escorrerem para o solo (CUNHA et al., 2006; CZACZYK et al., 2012). Walklate (1992) e Cross et al. (2001) afirmam que gotas de pequeno diâmetro são extremamente eficazes no controle de doenças e insetos. No entanto, a deriva é uma das maiores preocupações no uso de produtos fitossanitários.

Outro fator importante refere-se à taxa de aplicação de produtos fitossanitários, pois, embora seja grande a importância de uma boa cobertura da calda, a literatura

científica contém poucos estudos referentes à taxa de aplicação mais adequada para cada problema fitossanitário específico (ARMSTRONG-CHO et al., 2008). Atualmente, existe tendência de redução da taxa de aplicação (BOLLER; MACHRY, 2007; CUNHA et al., 2008), pois os volumes praticados na agricultura, em muitos casos, são muito maiores que aqueles necessários para o controle dos agentes nocivos às plantas. Tal fato deve-se, em grande parte, à utilização de produtos sistêmicos (THEISEN; RUEDELL, 2004), para aumentar a capacidade operacional, reduzir custos nas aplicações (SOUZA et al., 2011) e diminuir perdas para o ambiente (BUENO et al., 2014). Porém, essa taxa de aplicação deve permitir bom molhamento do alvo e mínimas perdas por escorrimento de gotas para o solo (SILVA et al., 2014). Sendo assim, a redução requer otimização da tecnologia de aplicação, a fim de manter a eficiência das aplicações (SOUZA et al., 2012).

Como alternativa para melhorar a qualidade das aplicações dos produtos fitossanitários, tem-se aumentado o uso da tecnologia de pulverização eletrostática. As pesquisas sobre esses sistemas se iniciaram na década de 70, com o desenvolvimento de um protótipo de bico pneumático eletrostático, por Law (1978), na Universidade da Geórgia. Na década seguinte, as pesquisas sobre o uso de gotas com cargas eletrostáticas tiveram crescimento, principalmente depois de Coffee (1981) desenvolver o pulverizador Electrodyn. No Brasil, por sua vez, Chaim (1984) também desenvolveu um protótipo de pulverizador eletrohidrodinâmico.

Algumas pesquisas têm demonstrado vantagens da pulverização eletrostática (XIONGKUI et al., 2011; MASKI; DURAIRAJ, 2010; DERKSEN et al., 2007b; LARYEA; NO, 2005;). Larye e No (2005) verificaram que, na cultura da macieira, dependendo das dimensões da planta, a pulverização eletrostática pode proporcionar um aumento na deposição em até 2,51 vezes, comparada à convencional. Xiongkui et al. (2011), trabalhando em pomares, constataram aumento na deposição com o sistema eletrostático de até 50%, comparado aos sistemas convencionais de pulverização.

A tecnologia consiste no carregamento das gotas com cargas positivas ou negativas, através da formação de um campo elétrico na ponta do bico que evita o desvio da gota de sua trajetória até o alvo, provocando atração entre ambos. Para isso, é necessário causar desequilíbrio nas cargas elétricas da gota, com fornecimento ou extração de elétrons. Dessa forma, cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais opostos se atraem, além de que a carga de um corpo eletrificado induz uma carga igual e oposta em algum outro corpo condutor aterrado. Então, a nuvem de gotas eletrificada,

ao se aproximar da planta, um objeto neutro e aterrado, provoca desequilíbrio entre prótons e elétrons, induz uma carga de sinal contrário na superfície do alvo e, promove assim, atração entre as cargas (CHAIM, 2006).

Existem três processos utilizados na eletrificação das gotas pulverizadas: o processo de eletrificação de gotas por “efeito corona”, processo de carga por indução com eletrificação direta e o com eletrificação indireta. O processo de eletrificação de gotas por indução tem sido o mais utilizado (CHAIM, 2006).

Segundo Chaim (2006), no processo por “efeito corona”, a ionização do ar ocorre por um eletrodo pontiagudo submetido a altas tensões, promovendo o encontro das cargas livres com as gotas produzidas pelo bico. No processo de indução com eletrificação direta, um eletrodo aterrado tem a função de promover um campo eletrostático onde o líquido recebe alta tensão. Já no processo de carga por indução com eletrificação indireta, o líquido é mantido aterrado, e as gotas adquirem a carga na presença de um intenso campo eletrostático, formado entre o eletrodo de indução, mantido em alta voltagem, e o jato de gotas.

No entanto ainda existem dúvidas a respeito dessa tecnologia. Existem estudos realizados com pulverização eletrostática em que não foram observadas melhorias na aplicação (SILVA et al., 1997; SILVA et al., 2000; BAYER et al., 2011 e MAGNO JUNIOR et al., 2011). Segundo Hislop et al. (1988) alguns equipamentos eletrostáticos não proporcionam resultados consistentes de controle, porque os projetos desenvolvidos não geram gotas com nível de carga suficiente para melhorar a deposição, ou o tamanho de gotas produzido não é adequado para o uso de carga eletrostática.

Nesse contexto, verifica-se a necessidade de mais estudos a respeito da tecnologia em culturas anuais como o milho, também visando verificar o porquê da ocorrência em algumas situações de resultados positivos e, em outros, negativos.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho teve como objetivos avaliar a deposição de calda na cultura do milho e conhecer a eficácia no controle químico da cigarrinha do milho, utilizando o sistema de pulverização eletrostática, em diferentes taxas de aplicação, comparado ao sistema de pulverização convencional.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho de campo foi realizado na Fazenda Boa, localizada em Tapuirama, distrito da cidade de Uberlândia (Minas Gerais, Brasil), com altitude média de 880 m e vegetação característica de cerrado. O clima da região foi classificado como Cwa, pelo Sistema de Köppen (KÖPPEN, 1948), apresentando clima quente e temperado com maior pluviosidade no verão, sendo a pluviosidade média anual de 1.443 mm e a temperatura média anual de 21,2°C.

#### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC). As parcelas experimentais foram constituídas de 20 m de comprimento e 6 m de largura; como parcela útil foram considerados apenas 15 m de comprimento e 4 m de largura, sendo o restante considerado bordadura (FIGURA 1).



FIGURA 1: Área experimental

Foram avaliados seis tratamentos, em esquema fatorial 2x2+2: presença ou ausência de sistema eletrostático, duas taxas de aplicação (35 e 50 L ha<sup>-1</sup>), um tratamento adicional com taxa de 100 L ha<sup>-1</sup>, e outro tratamento adicional sem aplicação de inseticida, com intuito de embasar o estudo de infestação da praga, conforme



apresentado na Tabela 1. Cada tratamento constou de oito repetições, nas quais foram avaliadas as deposições de calda no dossel do milho e a eficiência no controle da cigarrinha do milho.

A aplicação com o sistema eletrostático desligado foi adotada para simular as aplicações convencionais de baixa vazão já utilizadas em campo, comparando com as aplicações eletrostáticas.

TABELA 1. Descrição dos tratamentos empregados.

| Tratamentos | Sistema eletrostático    | Ponta | Velocidade (km h <sup>-1</sup> ) | Pressão (kPa) | Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|--------------------------|-------|----------------------------------|---------------|---|
| 1           | Ligado                   | SPE 1 | 10,3                             | 400           | 35                                      |
| 2           | Desligado                | SPE 1 | 10,3                             | 400           | 35                                      |
| 3           | Ligado                   | SPE 1 | 7,2                              | 400           | 50                                      |
| 4           | Desligado                | SPE 1 | 7,2                              | 400           | 50                                      |
| 5           | Desligado                | MAG 2 | 7,2                              | 400           | 100                                     |
| 6           | Testemunha sem aplicação |       |                                  |               |   |

O híbrido de milho utilizado foi o 610 Dow, semeado em março de 2017, com o espaçamento entre linhas de 0,50 m, totalizando uma população de 60 mil plantas por ha. As aplicações de inseticida foram realizadas quando o milho estava em estágio fenológico V5, com as plantas com cerca de 0,60 m de altura (FIGURA 2).



FIGURA 2: Plantas de milho em estágio fenológico V5 no momento da aplicação do inseticida.

Foi utilizado um pulverizador hidráulico montado FM Copling (Araraquara, Brasil), com depósito de calda de 400 L, 12 m de barra e 24 bicos (FIGURA 3). A altura da barra de pulverização em relação à cultura foi de 0,3 m e a distância entre bicos, de 0,5 m. As taxas de aplicação e as velocidades médias de deslocamento encontram-se na Tabela 1. Nesse pulverizador foi instalado um Kit de Pulverização Eletrostática da marca SPE- Sistema de Pulverização Eletrostático (Porto Alegre, Brasil) (FIGURA 4).

Durante as aplicações, foram monitoradas as condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, utilizando-se o equipamento termo-higro-anemômetro digital, marca Kestrel® (Boothwyn, EUA) e modelo 4000. A temperatura variou de 25 a 30°C, a umidade relativa de 60% a 68% e a velocidade do vento de 7 a 9 km h<sup>-1</sup>.



FIGURA 3: Pulverizador montado FM Copling, com sistema de pulverização eletrostático instalado.



FIGURA 4: Sistema de Pulverização Eletrostático instalado na barra de pulverização

Nos tratamentos com o sistema de pulverização eletrostático, foram utilizadas pontas de jato cônico vazio fabricadas em cerâmica fornecidas pela empresa SPE junto ao Kit Eletrostático (FIGURA 5), denominadas pela empresa como SPE 1. Na pressão empregada no ensaio (400 kPa), de acordo com o fabricante, a ponta produz gotas com diâmetro da mediana volumétrica (DMV) de 115  $\mu\text{m}$  e vazão de 0,30 L min<sup>-1</sup>.

No tratamento convencional, foram empregadas pontas de pulverização de jato cônico vazio, produzidas em cerâmica pela empresa Magnojet (Ibaiti, Brasil), modelo MAG 02. Na pressão empregada no ensaio (400 kPa), a ponta produz vazão de 0,60 L min<sup>-1</sup>. Segundo Bueno et al. (2013), a 414 kPa, essa ponta produz um espectro de gotas com DMV de 113  $\mu\text{m}$ .



FIGURA 5: Corpo de bico e ponteira do sistema de pulverização eletrostático.

### 3.3 AVALIAÇÃO DE DEPOSIÇÃO DE CALDA

Para a avaliação da deposição de calda no dossel do milho, adicionou-se à calda de aplicação um marcador composto do corante alimentício Azul Brilhante, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug&Cosmetic” como FD&C Blue n.1, na dose fixa de 400 g de corante por hectare, para ser detectado por absorbância em espectrofotometria.

Utilizou-se um espectrofotômetro, da marca Biospectro® (Curitiba, Brasil) e modelo SP-22, com cubetas de vidro de 3,5 mL e caminho óptico de 10 mm, com

lâmpada de tungstênio-halogênio para a realização das leituras. A quantificação da coloração foi feita por absorbância em 630 nm, faixa de detecção do corante azul utilizado (FIGURA 6).



FIGURA 6: Espectrofotômetro e cubeta empregados no estudo de deposição

No estudo de deposição de calda, após a pulverização, foram marcadas cinco plantas ao acaso em cada parcela e, em cada planta, foram coletadas duas folhas: uma no terço superior (60 cm de altura) e outra no terço inferior da planta (15 cm de altura), próximas à haste principal. As folhas foram, então, agrupadas por posição na planta e postas em sacos plásticos. Esses sacos foram fechados e acondicionados em recipientes providos de isolamento térmico e luminoso, para o transporte até o Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Uberlândia (Uberlândia, Minas Gerais, Brasil), local onde foram realizadas as análises.

Em laboratório, adicionaram-se 100 mL de água destilada em cada saco plástico com as folhas de milho coletadas. Os sacos foram fechados e agitados por 30 segundos para a homogeneização do corante presente nas amostras. Em seguida, o líquido foi retirado e transferido para copos plásticos, os quais foram acondicionados em local refrigerado provido de isolamento luminoso por 24 horas, para posterior leitura de absorbância no espectrofotômetro (FIGURA 7).





FIGURA 7: Líquido extraído da lavagem das folhas

A área das folhas foi medida com um medidor de área foliar Licor LI 3100C (Lincoln, USA). Essas folhas foram medidas, sendo a soma das 10 de cada parcela computada para posterior determinação dos depósitos (FIGURA 8).



FIGURA 8: Medidor de área foliar Licor LI 3100C

Através de curva de calibração, originada por meio de soluções-padrão de corante, obteve-se a equação:  $y = 0,0151x - 0,0008$ , em que  $y$  = absorvância e  $x$  = concentração ( $R^2 = 99,9\%$ ). Com isso, os dados de absorvância, obtidos em espectrofotometria, foram transformados em concentração ( $\text{ng L}^{-1}$ ). De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a massa de corante retida nas folhas de milho, coletadas nas parcelas. O depósito total foi dividido pela área foliar de cada amostra, para obtenção da quantidade em  $\mu\text{g}$  de corante por  $\text{cm}^2$  de área foliar.

### 3.4 AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA BIOLÓGICA

Para a avaliação de eficácia de controle da cigarrinha do milho, foi adicionado à calda o inseticida, composto por tiametoxam ( $141 \text{ g L}^{-1}$ ) e lambda-cialotrina ( $106 \text{ g L}^{-1}$ ), na dose de  $300 \text{ ml.ha}^{-1}$ . Trata-se de um produto sistêmico de contato e ingestão, do grupo químico dos neonicotinóides e dos piretróides, e formulação em Suspensão Concentrada (SC).

No estudo de eficácia de controle, em cada parcela foram escolhidas duas plantas ao acaso. Cada planta, no momento da avaliação, teve seu cartucho e folhas superiores envolvidos por um saco plástico transparente, a fim de capturar os insetos para quantificação de sua população (FIGURA 9). Foram realizadas duas avaliações, sendo que a primeira foi feita dois dias após a aplicação e a segunda, oito dias após a aplicação. A porcentagem de controle foi calculada pela fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925).



FIGURA 9: Amostragem da cigarrinha do milho

### 3.5 ANÁLISE DE DADOS

Em relação às análises estatísticas, inicialmente foram testadas as pressuposições dos dados. Para verificar a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos, foram aplicados os testes de Levene e Shapiro Wilk, respectivamente, utilizando o programa estatístico SPSS versão 20.0 (SPSS In., Chicago, IL, USA). Posteriormente, os dados provenientes da análise de variância foram comparados entre si pelo teste de Tukey, enquanto que a comparação entre dados do tratamento adicional com os dados

da análise fatorial foi realizada através do teste de Dunnett. Utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) a 0,05 de significância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DEPOSIÇÃO DE CALDA

Na avaliação de deposição do traçador nas folhas superiores da cultura do milho (Tabela 2), observou-se que não houve interação significativa entre a taxa de aplicação e o sistema de pulverização eletrostático, indicando uma relação de não dependência entre os dois fatores.

O sistema eletrostático ligado proporcionou maior deposição de calda do que quando se encontrava desligado, sendo que, independentemente da taxa de aplicação, a diferença de deposição, considerada significativa, foi de 533 ng cm<sup>-2</sup>, ou seja, um incremento de aproximadamente 64% com o uso da tecnologia eletrostática. O sistema eletrostático também se mostrou superior à aplicação convencional de 100 L ha<sup>-1</sup>, gerando um incremento de deposição de aproximadamente 56%. Com o sistema desligado, não houve diferença em relação ao tratamento convencional.

TABELA 2. Deposição de calda inseticida nas folhas superiores do milho em função do sistema eletrostático e da taxa de aplicação

| Eletrostático  | Deposição de Calda (ng cm <sup>-2</sup> )  |                      | Média     |
|--|--|----------------------|-----------|
|  | Taxa de Aplicação (L ha <sup>-1</sup> )    |                      |           |
|  | 35   | 50                   |           |
|  | Controle (100 L ha <sup>-1</sup> ): 873,00 |                      |           |
| Ligado   | 1421,00 <sup>+</sup>                       | 1298,00 <sup>+</sup> | 1360,00 A |
| Desligado  | 875,00                                     | 780,00               | 827,00 B  |
| Média  | 1148,00 a                                  | 1039,00 a            |           |
| CV   | 23,50%                                     |                      |           |
| Ft = 1,56 <sup>ns</sup> ; Fe = 37,32 <sup>**</sup> ; Ft x e = 0,02 <sup>ns</sup> ; Fi x c = 5,11 <sup>**</sup> |  |                      |           |

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Médias seguidas por + diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. Ft, Fe, Ft x e e Fi x c: valores de F calculado para taxa de aplicação, sistema eletrostático, interação entre taxa e eletrostático e interação entre fatorial e tratamento controle. ns Não significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*Significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*\*Significativo a  $\alpha = 0,01$ . CV: coeficiente de variação.

Na avaliação de deposição do traçador nas folhas inferiores da cultura do milho (Tabela 3), verificou-se que houve interação significativa entre a taxa de aplicação e o sistema de pulverização eletrostático, indicando dependência entre os fatores.

A taxa de 35 L ha<sup>-1</sup> gerou maior deposição que a taxa de 50 L ha<sup>-1</sup>, tanto com o sistema eletrostático ligado quanto desligado. Porém, o sistema eletrostático ligado também proporcionou maior deposição de calda em ambas as taxas de aplicação, quando comparada ao sistema desligado. Com a taxa de 35 L ha<sup>-1</sup>, a diferença de deposição foi de 823 ng cm<sup>-2</sup>, ou seja, um incremento de aproximadamente 97%, e com taxa de 50 L ha<sup>-1</sup>, a diferença de deposição foi de 488 ng cm<sup>-2</sup>, ou seja, um incremento de aproximadamente 79% com o uso da tecnologia eletrostática. O sistema eletrostático ligado, independentemente da taxa, também se mostrou superior à aplicação convencional de 100 L ha<sup>-1</sup>, gerando um incremento de aproximadamente 182%. Com o sistema desligado, somente houve diferença em relação ao tratamento adicional de 100 L ha<sup>-1</sup> na taxa de 35 L ha<sup>-1</sup>, com um incremento de 72%.

TABELA 3. Deposição de calda inseticida nas folhas inferiores do milho em função do sistema eletrostático e da taxa de aplicação

| Eletrostático   | Deposição de Calda (ng cm <sup>-2</sup> )  |                         | Média   |
|---|--|-------------------------|---------|
|   | Taxa de Aplicação (L ha <sup>-1</sup> )    |                         |         |
|   | 35   | 50                      |         |
|   | Controle (100 L ha <sup>-1</sup> ): 492,00 |                         |         |
| Ligado  | 1669,00 aA <sup>+</sup>                    | 1106,00 bA <sup>+</sup> | 1388,00 |
| Desligado   | 846,00 aB <sup>+</sup>                     | 618,00 bB               | 732,00  |
| Média   | 1258,00                                    | 862,00                  |         |
| CV  | 23,60%                                     |                         |         |
| Ft= 25.17**; Fe = 69.08**; Ft x e = 4.48*; Fi x c = 41.41** |  |                         |         |

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Médias seguidas por + diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. Ft, Fe, Ft x e e Fi x c: valores de F calculado para taxa de aplicação, sistema eletrostático, interação entre taxa e eletrostático e interação entre fatorial e tratamento controle. ns Não significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*Significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*\*Significativo a  $\alpha = 0,01$ . CV: coeficiente de variação.

O aumento de deposição de calda com o uso do sistema de pulverização eletrostática também foi encontrado em outras pesquisas. Sazaki et al. (2013) verificaram que a pulverização eletrostática proporcionou um incremento na deposição



de calda de 37%. Zheng et al. (2002) afirmaram ainda que a pulverização eletrostática pode melhorar a distribuição e deposição das gotas na planta com menor contaminação ambiental, taxas de aplicação reduzidas, menor custo operacional e melhor eficácia no controle fitossanitário, comparado com o convencional. Zhou et al. (2012) relataram que o sistema eletrostático pode aumentar a deposição em até 60%, além de reduzir as perdas em até 50%, reduzindo os custos em até 20%, quando comparado a outras técnicas de pulverização. Esse aumento na deposição de calda pode ser justificado, primeiramente, pelo fato da tecnologia eletrostática gerar atração entre as gotas pulverizadas e a planta, gerando maior cobertura do alvo e maior uniformidade de aplicação sobre o dossel da planta. Além disso, as gotas eletrificadas são atraídas para a parte abaxial das folhas, fazendo com que as gotas que se perdem para o solo, mudem sua trajetória, depositando-se nesses locais. Dessa forma, favorecem a cobertura onde, em sistemas convencionais, seria praticamente inexistente, como no baixeiro das plantas. Assim, aumentando a quantidade de gotas retidas na planta e diminuindo as perdas de gotas para o solo.

Segundo Chaim et al. (2006), várias pesquisas têm demonstrado que o emprego de gotas pequenas proporciona os melhores resultados no controle de problemas fitossanitários, porém, como as gotículas com pequenas massas possuem pouca energia cinética, sofrem grande efeito da deriva com baixa captura pelos alvos. Sendo assim, essa maior eficiência utilizando gotas pequenas, somente se verifica em condições muito especiais.

Outra característica importante a ser analisada advém da comparação das deposições de calda geradas entre as diferentes taxas de aplicação. Mesmo com taxas quase 3 vezes maiores quando comparadas às taxas de 35 L ha<sup>-1</sup> com a presença do sistema eletrostático, a aplicação convencional com 100 L ha<sup>-1</sup> não promoveu ganho de deposição de calda. Derksen et al. (2007) também encontraram resultados similares avaliando a aplicação eletrostática em pimentão. Os autores empregaram taxas de aplicação seis vezes menores do que os utilizados em tratamentos convencionais.

## **4.2 EFICÁCIA BIOLÓGICA**

Na Tabela 4, tem-se a primeira avaliação de eficácia biológica, realizada 2 dias após a aplicação do inseticida. Observa-se que não houve interação significativa entre a

taxa de aplicação e o sistema de pulverização eletrostático, indicando uma relação de não dependência.

O sistema eletrostático ligado, em ambas as taxas avaliadas, proporcionou maior controle da cigarrinha do que quando se encontrava desligado. A diferença de controle considerada significativa foi de 29%. O sistema eletrostático ligado também se mostrou superior à aplicação convencional com 100 L ha<sup>-1</sup>, gerando um controle 46% maior. Já com o sistema desligado, não houve diferença em relação ao tratamento adicional.

TABELA 4. Porcentagem de controle da cigarrinha do milho (1ª Avaliação- 2 D.A.A) após aplicação de inseticida com sistema eletrostático em diferentes taxas de aplicação

| Eletrostático   | Porcentagem de Controle (%)              |                    | Média   |
|---|--|--------------------|---------|
|   | Taxa de Aplicação (L ha <sup>-1</sup> )  |                    |         |
|   | 35                                       | 50                 |         |
|   | Controle (100 L ha <sup>-1</sup> ): 8,00 |                    |         |
| Ligado  | 55,00 <sup>+</sup>                       | 53,00 <sup>+</sup> | 54,00 A |
| Desligado   | 26,00                                    | 24,00              | 25,00 B |
| Média   | 41,00 a                                  | 39,00 a            |         |
| CV  | 58,00%                                   |                    |         |
| Ft = 0,09 <sup>ns</sup> ; Fe = 17,86 <sup>**</sup> ; Ft x e = 0,01 <sup>ns</sup> ; Fi x c = 16,66 <sup>**</sup> |  |                    |         |

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Médias seguidas por + diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. Ft, Fe, Ft x e e Fi x c: valores de F calculado para taxa de aplicação, sistema eletrostático, interação entre taxa e eletrostático e interação entre fatorial e tratamento controle. ns Não significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*Significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*\*Significativo a  $\alpha = 0,01$ . CV: coeficiente de variação.

Na segunda avaliação de eficácia biológica (Tabela 5), realizada 8 dias após a aplicação, observa-se que houve interação significativa entre a taxa de aplicação e o sistema de pulverização eletrostático. Com o sistema de pulverização eletrostático ligado, a taxa de 35 L ha<sup>-1</sup> gerou maior controle da cigarrinha que a taxa de 50 L ha<sup>-1</sup>. Porém, na ausência do sistema, a taxa de 50 L ha<sup>-1</sup> mostrou-se superior à menor taxa.

O sistema eletrostático ligado proporcionou maior controle fitossanitário quando comparado ao controle obtido no momento em que o sistema se encontrava desligado, sendo que na taxa de 35 L ha<sup>-1</sup> a diferença de controle foi de 65%; já com a taxa de 50 L ha<sup>-1</sup>, a diferença de controle foi de 23%. Tanto o sistema eletrostático ligado quanto desligado, independentemente da taxa, mostrou-se superior à aplicação convencional com 100 L ha<sup>-1</sup>.

TABELA 5. Porcentagem de controle da cigarrinha do milho (2ª Avaliação) após aplicação de inseticida com sistema eletrostático em diferentes taxas de aplicação

| Eletrostático   | Porcentagem de Controle (%)             |                       | Média |
|---|---|-----------------------|-------|
|   | Taxa de Aplicação (L ha <sup>-1</sup> ) |                       |       |
|   | 35                                      | 50                    |       |
|   | Controle (100 L ha <sup>-1</sup> ): 31  |                       |       |
| Ligado  | 78,00 aA <sup>+</sup>                   | 66,00 bA <sup>+</sup> | 72,00 |
| Desligado   | 13,00 bB <sup>+</sup>                   | 43,00 aB <sup>+</sup> | 28,00 |
| Média   | 45,00                                   | 55,00                 |       |
| CV  | 18,30%                                  |                       |       |
| Ft = 10.03**; Fe = 213.05**; Ft x e = 51.02**; Fi x c = 31.59** |   |                       |       |

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Médias seguidas por + diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. Ft, Fe, Ft x e e Fi x c: valores de F calculado para taxa de aplicação, sistema eletrostático, interação entre taxa e eletrostático e interação entre fatorial e tratamento controle. ns Não significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*Significativo a  $\alpha = 0,05$ ; \*\*Significativo a  $\alpha = 0,01$ . CV: coeficiente de variação.

O maior controle da cigarrinha com o uso da pulverização eletrostática deu-se pela maior deposição de calda gerada nas aplicações. Além disso, possivelmente uma maior cobertura em locais de difícil penetração na planta, como o cartucho do milho, local predominante de ocorrência da cigarrinha, deve ter contribuído com os resultados alcançados.

Chaim et al. (2002), em estudos comparativos entre pulverizações convencionais e sistemas eletrostáticos, verificaram que o pulverizador eletrostático proporcionou depósitos de cerca de 70% do produto aplicado, enquanto a aplicação convencional proporcionou apenas 30%. Assim, a pulverização eletrostática pode aumentar a eficácia dos tratamentos fitossanitários, principalmente por favorecer a deposição dos ingredientes ativos sobre os alvos, além de possibilitar redução da taxa de aplicação e de perdas de calda (MAYNAGH et al., 2009; SASAKI et al., 2015).

## 5. CONCLUSÕES

A pulverização eletrostática (35 e 50 L ha<sup>-1</sup>) proporcionou maior deposição de calda nas plantas de milho e maior controle químico da cigarrinha do milho. Isso em comparação ao sistema desligado e à aplicação com sistema convencional (ponta hidráulica e 100 L ha<sup>-1</sup>).

A pulverização eletrostática possibilita a redução das taxas de aplicação em, aproximadamente, três vezes em relação às utilizadas nos sistemas convencionais (não eletrostático), com ganho na deposição de calda, sem comprometer a eficácia biológica dos produtos.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.18, n.1, p.265-267, 1925.

<https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>

ARMSTRONG-CHO, C. WOLF, T.; CHONGO, G.; GAN, Y.; HOGG, T.; LAFOND, G.; JOHNSON, E.; BANNIZA, S. The effect of carrier volume on *Ascochyta blight* (*Ascochyta blight*) control on chickpea. **Crop Protection**, Amsterdam, v.27, n.6, p.1020-1030, 2008.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.12.010>

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.2, p.192-198, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200007>

BOLLER, W.; MACHRY, M. Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicida de contato em soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.722-727, 2007.

<https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000400015>

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NAVES, M. G.; TAVARES, R. M. Deposição de calda e controle de plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. **Planta Daninha**, Viçosa, v.32, n.2, p.447-454, 2014.

<https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200023>

BUENO, M. R.; CUNHA, J. A. R.; ROMAN, R. A. A. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p.976-985, 2013.

<https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000500009>

BUSHING, R. W.; V. E. BURTON. Leafhopper damage to silage corn in California. **Journal Economic Entomology**, Califórnia, v.67, n.5, p.656-658, 1974.

<https://doi.org/10.1093/jee/67.5.656>

CASELA, C. R.; SILVA FERREIRA, A.; FERNANDES, F. T.; ALMEIDA PINTO, N. F.J. Cultivo do Milho. Doenças foliares. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Sete Lagoas, MG. Comunicado Técnico. 2002.

CHAIM, A. **Pulverização eletrostática**: principais processos utilizados para eletrificação de gotas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 17p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, n.57).

CHAIM, A. **Desenvolvimento de um pulverizador eletrohidrodinâmico: avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips** (*Enneothrips flavens* Moulton, 1951), em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). 1984. 107f. Dissertação

(Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1984.

CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000500003>

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L. Eficiência de deposição de agrotóxicos, obtida com bocal eletrostático para pulverizador motorizado costal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 497-501, 2002.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000400011>

CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, s/n., p. 65-74, 2000.

COFFEE, R.A. Electrodynamic crop spraying. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v.10, n.7, p.350-356, 1981.  
<https://doi.org/10.1177/003072708101000709>

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2017/2018**: terceiro levantamento. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 24 abril de 2018.

COSTA, A. S.; KITAJIMA, E. W.; ARRUDA, S. C. Moléstias de vírus e de micoplasma do milho em São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, São Paulo, v.4, s/n, p.39-41, 1971.

CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v.20, n.4, p.333-343, 2001.  
[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00163-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00163-0)

CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JUNIOR, J. L.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função da ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p.1360-1366, 2006.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000500003>

CZACZYK, Z.; KRUGER, G.; HEWITT, A. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v.52, n. 4, p.415-420, 2012.  
<https://doi.org/10.2478/v10045-012-0068-6>

DERKSEN, R. C.; ZHU, H.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; KRAUSE, C. R. Coverage and drift produced by air induction and conventional hydraulic nozzles used for

orchards applications. **Transaction of the ASABE**, St. Joseph, v.50, n. 5, p.1493-1501, 2007b.

<https://doi.org/10.13031/2013.23941>

DERKSEN, R.C.; VITANXA, S.; WELTY, C.; MILLER, S.; BENNETT, M.; ZHU, H. Field evaluation of application variables and plant density for bell pepper pest management. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.50, n.6, p.1945-1953, 2007.

<https://doi.org/10.13031/2013.24090>

DOUGLAS, W. A., W. A.; WHITCOMB, L. W.; HEPNER, V.W. M.; KIRK.; R. DAVIS. Some Cicadellidae (Homoptera) collected from corn in the southeastern United States. In: **Annals of the Entomological Society of America**. United States, v.59, n. 2, p.393-396, 1966.

FERREIRA, M.C.; OLIVEIRA, J.R.G. Aplicação de fungicidas na cultura da soja com pulverizador costal pressurizado e manual elétrico com bico rotativo para volume baixo. In: **Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2008.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; CZACZYK, Z.; BAGLEY, W.; KRUGER, G.; HENRY, R. Measurement and classification methods using the ASAE S572.1 reference nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v.52, n. 4, p.447-457, 2012.

<https://doi.org/10.2478/v10045-012-0072-x>

GASSEN, D. N. Manejo de pragas associadas à cultura do milho. **Aldeia Norte**, Passo Fundo, s/v, s/n, p.127, 1996.

HISLOP, F. C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. **Weed Technology**, North Dakota, v. 2, n. 1, p. 94-104, 1988.

<https://doi.org/10.1017/S0890037X00030177>

JEON, H. Y.; A. R. Womac, J. B. Wilkerson, W. E. Hart. Sprayer boom instrumentation for field use. **Transaction of the ASAE**, v. 47, n. 3, p. 659-666, 2004.

<https://doi.org/10.13031/2013.16095>

KITAJIMA, E. W. Citopatologia e localização de vírus de milho e de leguminosas alimentícias nas plantas infectadas e nos vetores. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 241- 254, 1979.

KITAJIMA, E.W.; RIBEIRO, R. L. D.; LIN, M. T.; RIBEIRO, M.I.S.D.; KIMURA, O.; COSTA, C. L.; PIMENTEL, J. P. Lista comentada de vírus e organismos do tipo micoplasma em plantas cultivadas e silvestres do Estado do Rio de Janeiro. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 9, n.3, p. 607-625, 1984.

KITAJIMA, E.W.; NAZARENO, N. R. X. Levantamento de vírus e mollicutes de milho, no Estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**. v.10, s/n, p.613-625, 1985.

KUNKEL, L. O. Leafhopper transmission of corn stunt. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.32, s/n, p.246-247, 1946.

<https://doi.org/10.1073/pnas.32.9.246>

LAW, S. E. Embedded-electrode electrostatic-induction spray nozzle: theoretical and engineering design. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 21, s/n., p. 1096-1104, 1978.

LEGRAND, A.I.; POWER, A.G. Inoculation and acquisition of maize bushy stunt mycoplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v.125, n.1, p.115-122, 1994.

<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1994.tb04952.x>

MAGNO JÚNIOR, R. G.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, L. B.; FERREIRA, L. R.; ALVARENGA, C. B. Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para atração de gotas da aplicação eletrostática em plantas cítricas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.5, p. 798-804, 2011.

MARÍN, R. Biología y comportamiento de *Dalbulus maidis* (Homoptera-Cicadellidae). **Revista Peruana de Entomología**, Lima, v. 30, s/n, p. 113-117, 1987.

MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of charging voltage, application speed, target height and orientation upon charged spray deposition on leaf abaxial and adaxial surfaces. **Crop Protection**, Londres, v. 29, n. 2, p. 134-141, 2010.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.10.006>

MAYNAGH, B. M.; GHOBADIAN B; JAHANNAMA M. R.; HASHJIN, T. T. Effect of Electrostatic Induction Parameters on Droplets. Charging for Agricultural Application. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v. 11, n. 3, p. 249-257, 2009.

NAULT, L. R.; AMMAR, E. D. Leafhopper and planthopper transmission of plant viruses. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.34, s/n, p. 503-529, 1989.

NAULT, L.R.; DELONG, D. M.; TRIPLEHORN, B. W.; STYER, W. E.; DOEBLEY, J. F. More on the association of *Dalbulus* (Homoptera-Cicadellidae) with Mexican *Tripsacum* (Poaceae), including the description of two new species of leafhoppers. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.76, s/n, p.305-309, 1983.

NAULT, L.R. Evolution of insect pest: maize and leafhopper, a case study. **Maydica**, Guatemala, v.35, n.2, p.165-175. 1990.

OLIVEIRA, C.M. **Variação genética entre populações de *Dalbulus maidis* (DeLong&Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) e mecanismos de sobrevivência na entressafra do milho**. 2000. 167f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

OLIVEIRA, E., WAQUIL, J.M., FERNANDES, F.T., PAIVA, E., RESENDE, R.O. & KITAJIMA, E.W. “Enfezamento pálido” e “Enfezamento vermelho” na cultura do milho no Brasil Central. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.45-47. 1998.



OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea - Aspectos práticos. In: Guedes, J. V. C.; Dornelles S. H. B. (ed.) **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**. Santa Maria, s/v, s/n, p.65-78, 1998.

OZKAN, H. E.; ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; GULER, H.; et al. Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control Asian soybean rust. **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne, v.77, s/n, p.423-431, 2006.

RODRIGUES, A. C. P.; FILHO, S. I. B. S.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; ROCHA, D. C.; SOUZA, G. S. F. Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em *Commelina benghalensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n. 2, p. 421-428, 2010.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R. P.; MACIEL, C. F. S.; FERNANDES, H. C. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 274-279, 2015.  
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131604>

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software Assistat statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTER IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. **Anais...** Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NOMEINI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.12, p.1302-1306, 2014.  
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306>

SILVA, O. R. R. F.; CARVALHO, O. S.; MARQUES, L. Determinação das perdas por escorrimento da pulverização eletrostática e convencional sobre o cultivo do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 4, s/n, p.123-130, 2000.

SILVA, O. R. R. F.; MARQUES, L.; CARVALHO, O. S.; VIEIRA, R. M. Avaliação do depósito de gotas através da pulverização eletrostática e da convencional sobre a cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.1, s/n, p.101-105, 1997.

SILVA, H.P.; PEREIRA, O. A. P.; MACHADO, J.; MONELLI, V. L. Identificação e controle das doenças do milho. **Informativo Coopercitrus**, v.6, s/n, p.18-24, 1991.

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

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. A. R.; PAVANIN, L. A. Eficácia e perda do herbicida 2,4-D amina aplicado com diferentes volumes de calda e pontas de pulverização. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p.1149-1156, 2011.

THEISEN, G.; RUEDELL, J. Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática. Passo Fundo: Aldeia Norte. **Fundacep**, Cruz Alta, p.90. 2004.

USDA - United States Department of Agriculture. **4º Levantamento do USDA da safra 2017/18**. Disponível em: <www.fiesp.com.br>. Acesso em: 18 de agosto de 2018.

VAN ZYL, J. G. J.; FOURIEA, P. H.; SCHUTTEB, G. C. Spray deposition assessment and benchmarks for control of Alternaria brown spot on mandarin leaves with copper oxychloride. **Crop Protection**, Londres, v. 46, n. 4. p. 80-87, 2013.  
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.12.005>

VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Cultivo do Milho. Pragas Iniciais. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Sete Lagoas, MG. Comunicado técnico. Dez. 2002.

WALKLATE, P. J. A simulation study of pesticide drift from an air-assisted orchard sprayer. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v.51, s/n, p.275-284, 1992.

WAQUIL, J. M. Amostragem e abundância de cigarrinhas e danos de *Dalbulus maidis* (DeLong&Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho. **Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 27-33, 1997.  
<https://doi.org/10.1590/S0301-80591997000100004>

WAQUIL, J. M.; OLIVEIRA, E.; PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F.T.; CORRÊA, L. A. Efeito na produção e incidência de viroses em híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.460-463, 1996.

XIONGKUI, H.; AIJUN, Z.; YAJIA, L.; JIANLI, S. Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. **International Journal of Agricultural and biological engineering**, Pequim, v.4, n. 1, p.35-40, 2011.

ZHENG, J.; ZHOU, H.; XU, Y. Advances in pesticide electrostatic spraying research in China. In: ASAE Annual International Meeting/CIGR World Congress, 15, 2002, Chicago, **Anais...** St. Joseph.: ASAE, 2002. (Paper nº 021034).

ZHOU, Y.; QI L.; JIA, S.; ZHENG, X.; MENG, X.; TANG, Z.; SHEN, C. Development and application prospects of pneumatic electrostatic sprayer in orchard. **Asian Agricultural Research**, Pequim, v.4, n.1, p.78-80, 2012.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; GULER, H.; BRAZEE, R. D.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. v.2. Opener design with field experiments. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.