

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

**EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO PULVERIZADA COM VARIAÇÕES DO
VOLUME DE CALDA E PONTAS HIDRÁULICAS ASSOCIADAS À
ELETROSTÁTICA NAS CULTURAS DE FEIJÃO E SOJA**

CARLOS EDUARDO LEITE MELLO

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2020

CARLOS EDUARDO LEITE MELLO

**EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO PULVERIZADA COM VARIAÇÕES DO
VOLUME DE CALDA E PONTAS HIDRÁULICAS ASSOCIADAS À
ELETROSTÁTICA NAS CULTURAS DE FEIJÃO E SOJA**

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

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação-- (CIP)

Mello, Carlos Eduardo Leite

Eficiência da aplicação pulverizada com variações do volume de calda e pontas hidráulicas associadas à eletrostática nas culturas de feijão e soja / Carlos Eduardo Leite Mello - 2020.
66f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2020.

Inclui índice de figuras e tabelas.

1. bico hidráulico. 2. controle fitossanitário em leguminosas. 3. eletrificação de gotas. 4. tecnologia de aplicação. 5. taxa de aplicação. 6. volume de calda. I. Carmo, Eduardo Lima do.

CDD:

Elaborada por

CARLOS EDUARDO LEITE MELLO

EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO PULVERIZADA COM VARIAÇÕES DO
VOLUME DE CALDA E PONTAS HIDRÁULICAS ASSOCIADAS À
ELETROSTÁTICA NAS CULTURAS DE FEIJÃO E SOJA

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

APROVAÇÃO: 13 março de 2020



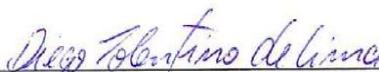
Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo
Presidente da Banca Examinadora
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Charles Barbosa Santos
Membro – FA/UniRV



Dr. Diego Tolentino de Lima
Membro – Instituto de Ciência e Tecnologia COMIGO/Rio Verde

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Weider Ribeiro Mello e Viviane Costa Leite Mello por todo o apoio que precisei nos momentos mais difíceis e por sempre incentivarem meus estudos, o que foi fundamental para esta conquista em minha vida.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, a Deus, por me conceder saúde e forças para completar esta jornada.

Aos meus pais, familiares e amigos, pois sem eles nada seria possível.

À toda a equipe do programa de Pós - graduação em Produção Vegetal pelo excelente trabalho e atendimento. Agradeço aos funcionários da Universidade de Rio Verde pela ajuda necessária e ao meu orientador, Eduardo Lima do Carmo que sempre esteve presente.

A todos os demais envolvidos nesta caminhada, deixo aqui registrado o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO GERAL	ix
GENERAL ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	2
2.2 Pontas de pulverização hidráulicas	3
2.3 Volume de calda	4
2.4 Pulverização associada à eletrostática	4
REFERÊNCIAS	6
CAPÍTULO 1 – INFLUÊNCIA DA TAXA DE APLICAÇÃO E PONTAS HIDRÁULICAS ASSOCIADAS À ELETRIFICAÇÃO DAS GOTAS NAS CARACTERÍSTICAS DA PULVERIZAÇÃO NO FEIJOEIRO	9
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4 CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 2 – UTILIZAÇÃO DE TAXAS, PONTAS HIDRÁULICAS E ELETROSTÁTICA NA QUALIDADE DA APLICAÇÃO PULVERIZADA NA CULTURA DA SOJA	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Descrição dos tratamentos empregados para a avaliação da qualidade de aplicação	12
TABELA 2	Resumo da análise de variância para a característica volume capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos superior, médio e inferior do feijoeiro após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização	15
TABELA 3	Valores médios do volume capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos, superior, médio e inferior de feijão após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização	16
TABELA 4	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato superior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	18
TABELA 5	Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas estrato superior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	19
TABELA 6	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	21
TABELA 7	Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	23
TABELA 8	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	24

TABELA 9	Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	25
TABELA 10	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície abaxial de folhas do estrato médio do feijoeiro, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	27
TABELA 11	Valores médios para a característica densidade de gotas cm^{-2} , na superfície abaxial de folhas do estrato médio do feijoeiro, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	27
TABELA 12	Descrição dos tratamentos empregados para avaliação da qualidade da aplicação	35
TABELA 13	Resumo da análise de variância para a característica volume de calda capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos superior, médio e inferior de soja após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização	37
TABELA 14	Valores médios do volume capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos, superior, médio e inferior de soja após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização	39
TABELA 15	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato superior de plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	41
TABELA 16	Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato superior, em plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	42
TABELA 17	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio de plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	44

TABELA 18	Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio, em plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	45
TABELA 19	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior de plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	46
TABELA 20	Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior, em plantas de soja, após aplicação com variações de pontas de taxas e pontas de pulverização	48
TABELA 21	Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície abaxial de folhas do estrato médio em plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização	49

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Representação gráfica da regressão para a característica volume capturado de calda no terço superior (A), médio (B) e inferior (C) de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.....	17
FIGURA 2	Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A), cobertura (B) e diâmetro médio volumétrico (C) no terço superior de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO	20
FIGURA 3	Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A), cobertura (B) e diâmetro médio volumétrico (C) no terço médio de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO	23
FIGURA 4	Representação gráfica da regressão para as características cobertura (A), densidade de gotas (B) e diâmetro médio volumétrico (C) no terço inferior de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO	26
FIGURA 5	Representação gráfica da regressão para a característica densidade de gotas na face abaxial das folhas do terço médio de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO	28
FIGURA 6	Representação gráfica da regressão para a característica volume capturado de calda em função da variação da taxa de aplicação no terço superior em plantas de soja – Rio Verde, GO	38
FIGURA 7	Representação gráfica da regressão para a característica volume capturado de calda em função da variação da taxa de aplicação no terço médio em plantas de soja – Rio Verde, GO	40
FIGURA 8	Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A) e porcentagem de cobertura (B) no terço superior de plantas de soja, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO	43

FIGURA 9	Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A) e porcentagem de cobertura (B) no terço médio de plantas de soja, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO	46
FIGURA 10	Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A) e porcentagem de cobertura (B) no terço inferior de plantas de soja, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO	49

RESUMO GERAL

Mello, C. E. L, M. Sc., Universidade de Rio Verde, março de 2020. Eficiência da aplicação pulverizada com variações do volume de calda e pontas hidráulicas associadas à eletrostática nas culturas de feijão e soja. Orientador Prof. Dr. Eduardo Lima do Carmo.

Para o manejo de pragas, doenças e plantas invasoras nas grandes culturas, a operação agrícola de aplicação de pesticidas se faz necessária. Porém, é comum aos produtores rurais enfrentar problemas devido perdas nas aplicações pulverizadas, o que pode estar relacionado diretamente à ponta de pulverização e a taxa de aplicação utilizadas. Fatores estes, fundamentais para eficiente deposição do produto no alvo. Nesse sentido, objetivou-se com a execução deste trabalho avaliar o volume capturado e as características da aplicação nos distintos terços de plantas de feijão e soja com utilização de pontas e volumes de pulverização, bem como o emprego da eletrificação das gotas. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos a campo, na safra de verão 2018/2019, no qual cultivou-se, separadamente, duas culturas (feijão e soja), em área experimental da Universidade de Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (3 x 4), com 4 repetições, em que o primeiro fator foi constituído de 3 variações de pontas de pulverização (leque simples, cone vazio e cone vazio com eletrificação das gotas) e o segundo, por 4 taxas de aplicação (50; 100; 150 e 200 L ha⁻¹). As características da aplicação avaliadas foram: número de gotas por cm², porcentagem de cobertura e diâmetro médio volumétrico (DMV) com emprego de papel hidrossensível e o volume capturado (µL cm⁻²) com adição de traçador à calda de aplicação e posterior remoção desse das folhas. De acordo com os resultados, para a cultura do feijão, a ponta cone vazio com eletrificação das gotas não difere da ponta tipo leque para o volume capturado. Entretanto a utilização do recurso eletrostático aumenta a densidade de gotas nos terços médio e inferior. Exceto para cobertura e DMV da superfície abaxial do terço médio do feijoeiro, o aumento na taxa de aplicação incrementou todas as características avaliadas. Para a cultura da soja, o aumento na taxa de aplicação incrementou o volume capturado nos terços superior e médio, bem como a densidade de gotas e porcentagem de cobertura nos três terços da planta. As pontas de pulverização influenciaram a densidade de gotas nos três terços e a cobertura no terço inferior. Pontas do tipo leque produzem gotas de maior diâmetro comparada com pontas tipo cone vazio com menor orifício, dificultando a penetração e distribuição dessas nos terços inferiores de ambas as culturas. A variação nas pontas de pulverização não influenciou nenhuma das características para a superfície abaxial do terço médio de plantas de feijão e soja.

Palavras-chave: bico hidráulico, controle fitossanitário em leguminosas, eletrificação de gotas, tecnologia de aplicação, taxa de aplicação.

GENERAL ABSTRACT

For the management of pests, diseases and invasive plants in large crops, an agricultural operation, usually, necessary is application of pesticides. However, it is common for rural producers to face problems due to losses in sprayed applications, which can be directly related to the spray nozzle and the application rate used. These factors are fundamental for efficient deposition of the product on the target. In this sense, the objective of this work was to evaluate the volume of syrup captured and the application characteristics in different thirds of bean and soybean plants using spray nozzle and volumes, as well as the use of electrification in the drops. To this end, two field experiments were conducted in the summer harvest 2018/2019, in which two crops were cultivated separately (beans and soybeans), in experimental area of the University of Rio Verde. The experimental design was a randomized block, in a factorial scheme (3 x 4), with 4 replications, in which the first factor consisted of 3 variations of spray nozzle (simple fan, empty cone and empty cone with electrification of drops) and the second, by 4 application rates (50, 100, 150 and 200 L ha⁻¹). The application characteristics evaluated were: number of drops, percentage of coverage and volumetric mean diameter (DMV) with the use of water-sensitive paper and the captured volume ($\mu\text{L cm}^{-2}$) with the addition of a tracer to the spray solution and subsequent removal of the leaves. According to the results, for the bean culture, the empty cone tip with electrification of the drops does not differ from the fan type tip for the captured volume. However, the use of electrostatic resource increases the density of droplets in the middle and lower thirds. Except for coverage and DMV of the abaxial surface of the middle third of the bean, the increase in the application rate increased all the characteristics evaluated. For the soybean crop, the increase in the application rate increased the volume captured in the upper and middle thirds, as well as the density of drops and percentage of coverage in the three thirds of the plant. The spray tips influenced the drop density in the three thirds and the coverage in the lower third. Fan tips produce larger diameter drops compared to empty cone tips with smaller orifices, making it difficult to penetrate and distribute them in the lower thirds of both cultures. The variation in the spray tips did not influence any of the characteristics for the abaxial surface of the middle third of bean and soybean plants.

Key words: hydraulic nozzle, phytosanitary control in legumes, electrification of drops, application technology, application rate.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de leguminosas como o feijão e a soja é importante atividade para o desenvolvimento agrícola nacional. Ambas exercem função socioeconômica, principalmente pelo fato do consumo interno e exportação, respectivamente. Sendo assim, em virtude da alta demanda, produtores buscam constantemente alternativas para elevar a produtividade.

Para aumento da produção de grãos é fundamental que ocorra o controle de pragas, doenças e plantas invasoras. Dentre os métodos de controle, o químico é o mais utilizado, visto a praticidade de aplicação. Entretanto, há necessidade por parte do produtor rural em utilizar corretamente os produtos fitossanitários, dada a importância do custo de aplicação, bem como evitar a contaminação humana e ambiental. Conhecer o produto a ser aplicado, portanto, não é o suficiente.

Fatores climáticos como temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento estão diretamente ligados às perdas nas aplicações, principalmente por deriva e evaporação. Visto a instabilidade desses, uma vez que não é possível controlá-los, se faz indispensável a escolha criteriosa de uma relação adequada entre a ponta de pulverização e taxa de aplicação, afim de reduzir tais perdas.

Atualmente, busca-se reduzir a taxa de aplicação afim de diminuir custos e sobretudo, aumentar a autonomia do equipamento pulverizador. Geralmente, para reduzir a taxa de aplicação o produtor opta em utilizar pontas que gerem gotas mais finas, com o objetivo de aumentar a cobertura e não prejudicar a aplicação. Entretanto apesar dos diversos benefícios dessa prática, essa decisão quando tomada de forma precipitada pode acarretar em perdas ainda maiores.

Ainda, existem outras ferramentas que podem auxiliar na redução de perdas e melhorar a qualidade das aplicações. Uma delas é a utilização da eletrostática nas gotas resultantes da pulverização. Há trabalhos de pesquisa mostrando, que aplicações com o uso do sistema eletrostático, em culturas como por exemplo, o café, têm apresentado incremento da deposição do volume de calda. Sendo assim, é importante conhecer o comportamento e a empregabilidade dessa tecnologia quando utilizada em aplicações pulverizadas no feijoeiro e na soja, visto a diferença na morfologia das folhas e arquitetura das plantas.

A pulverização eletrostática além de poder melhorar a qualidade da aplicação pode incrementar o controle de pragas, como por exemplo a mosca-branca. A dificuldade de controle desse inseto se deve à localidade de suas ninfas na planta, pois permanecem na região abaxial

das folhas, alvo extremamente difícil de ser atingido. Neste cenário o uso de eletrostática na pulverização pode aumentar as chances das gotas atingirem esta superfície das folhas devido à atração dessas com a planta.

Nesse sentido, objetivou-se com a execução deste trabalho avaliar o volume de calda capturado e as características da aplicação nos diferentes terços de plantas de feijão e soja com utilização de diferentes pontas e volumes de pulverização, bem como a eletrificação das gotas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

Durante todo o ciclo de produção agrícola, a pulverização é a atividade mais utilizada. Portanto, é fundamental conhecer as técnicas de aplicação, pois cada erro representa perda no processo produtivo o que oferece riscos ao operador e ambiente (VIANA et al., 2008; QUEIROZ et al., 2011).

A tecnologia de aplicação consiste na junção de diversos conhecimentos científicos, de forma a otimizar as aplicações, uma vez que essa prática é indispensável para o controle de pragas, doenças, plantas invasoras ou mesmo, na fertilização foliar. A eficiência desse processo objetiva à deposição do produto no alvo, para que este atue com eficácia satisfatória de forma econômica e reduzindo o potencial de perdas (BONADIO et al., 2015).

A utilização correta das técnicas de aplicação de produtos fitossanitários, na maioria dos casos, não é tarefa fácil, pois ao longo do dia ocorrem variações dos fatores climáticos. São comuns oscilações de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, ventos e orvalho. O comportamento da umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento dificilmente se encontram simultaneamente favoráveis (SCHRODER, 1998).

Os três pilares da tecnologia de aplicação (correta deposição do ingrediente ativo no alvo, mínima contaminação e viabilidade econômica) devem ser considerados para garantir e proporcionar sustentabilidade do controle químico. Desde as últimas décadas, está sendo muito discutida pela sociedade, pois por outro lado, o desbalanço de um desses pode causar prejuízos em todo o sistema, ocasionando perdas e, em casos mais extremos, contaminação ambiental (PRADO, 2017).

Do ponto de vista da tecnologia de aplicação, de acordo com o alvo desejado, o tamanho das gotas e a taxa de aplicação são fatores básicos que devem ser considerados em primeiro lugar para o planejamento de uma aplicação. Em caso de alvo localizado nos terços inferiores, por exemplo, as gotas devem resistir à evaporação e deriva, ultrapassar a barreira imposta pela massa foliar e manter condições de distribuição para atingirem o alvo sem serem perdidas para o solo (ANTUNIASSI, 2005).

O grande desafio a ser vencido pela tecnologia de aplicação, baseia-se em fazer com que as gotas atravessem a camada de folhas do estrato superior das plantas e cheguem nos estratos inferiores com condições de se distribuírem, cobrindo adequadamente todo o dossel (FERREIRA; OLIVEIRA, 2008).

2.2 Pontas de pulverização hidráulicas

Em pulverizadores agrícolas, as pontas de pulverização são um dos componentes mais importantes. Tem por funções básicas determinar a vazão do sistema e a distribuição da calda, além do tamanho de gotas, o qual tem influência direta na deposição e na eficiência da aplicação (CUNHA et al., 2005; CONSTANTIN et al., 2012). Entretanto, as pontas não recebem merecida atenção durante as diversas aplicações. Confirmando essa afirmação, em estudo realizado por Chechetto et al. (2014) foi observado que, 31% dos 191 produtores entrevistados no estado do Mato Grosso, utilizavam o mesmo tipo de ponta de pulverização para todas as aplicações no decorrer da safra.

Para escolha da ponta de pulverização a ser usada, alguns critérios devem ser levados em consideração, primeiramente, deve-se determinar qual o alvo desejado, pois pontas de pulverização produzem gotas de vários tamanhos. De acordo com Fritz et al. (2012), o tamanho das gotas é um fator fundamental na deposição do produto no alvo, uma vez que o tamanho dessas gotas deve ser ajustado para reduzir perdas e manter a qualidade da aplicação.

Gotas finas podem aumentar a cobertura em aplicações devido à maior área de contato com o alvo (DERKSEN et al., 2007), todavia, estão mais suscetíveis a serem arrastadas pela deriva ou perdidas por evaporação. Sendo assim, o aumento do diâmetro das gotas pode minimizar esse problema (AZEVEDO, 2011). Entretanto, gotas grossas são mais sujeitas a não se fixarem no alvo, devido ao escorrimento para o solo, reduzido o número de gotas cm^{-2} e, como consequência, menor contato do produto com a planta (CUNHA et al., 2006; CZACZYK et al., 2012).

Além do alvo, a forma de ação do produto a ser aplicado também tem influência direta na determinação da ponta de pulverização. Para a aplicação de produto não sistêmico, é necessário o uso de gotas que possam aumentar a superfície de contato do produto pulverizado com a área alvo, no sentido de aumentar a cobertura. Todavia, se o produto apresenta uma alta mobilidade na planta (sistêmico), não são necessários níveis elevados de cobertura. Sendo assim, pode-se usar uma ponta que produza gotas maiores, que tem por vantagem, a redução do risco de perdas por evaporação e deriva (CHECHETTO et al., 2014)

2.3 Volume de calda

A taxa de aplicação consiste no volume de calda pulverizada por área, estando entre um dos pontos fundamentais para o sucesso da aplicação. Alguns parâmetros devem ser levados em consideração para determinação da taxa de aplicação a ser usada, como: o alvo a ser atingido, a superfície exposta desse alvo, o tamanho das gotas geradas pelo sistema, a cobertura necessária, a forma de ação do defensivo e a técnica de aplicação (ANTUNIASSI, 2005).

Busca-se a redução do volume de calda nas aplicações pulverizadas e isso pode proporcionar diversos benefícios aos agricultores como a diminuição dos custos de aplicação e aumento da eficiência operacional das pulverizações. Portanto, uma menor taxa de aplicação aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores terrestres (PRADO, 2017; BAYER et al., 2011).

Todavia, a redução da taxa de aplicação requer otimização da tecnologia de aplicação, para que se mantenha qualidade e a eficiência das aplicações, o que torna a seleção das pontas de pulverização bastante criteriosa. Optar por pontas que gerem gotas grossas pode prejudicar a cobertura foliar e aumentar as chances de perdas para o solo, por outro lado, a escolha de pontas que produzam gotas muito finas pode aumentar os riscos de perdas por evaporação e principalmente deriva (SOUZA et al., 2007).

Segundo Viana et al. (2010), seria possível obter sucesso em uma aplicação mesmo com volume aplicado menor, utilizando-se uma distribuição uniforme com determinado diâmetro e número de gotas. Raetano (2007), relata que para minimizar o volume de calda, e ao mesmo tempo, proporcionar a cobertura desejada do alvo, costuma-se reduzir o tamanho das gotas.

2.4 Pulverização associada à eletrostática

Existem ferramentas que podem auxiliar em aplicações pulverizadas, dentre elas o uso da eletrostática. Essa tecnologia, consiste no carregamento das gotas com cargas negativas, pela formação de um campo elétrico na extremidade da ponta de pulverização, evitando o desvio da gota de sua trajetória até o alvo, provocando atração entre ambos (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 método de eletrificação de gotas por indução tem sido o mais utilizado. Nesse processo, há uma indução de cargas nas gotas por meio de um campo elétrico gerado por um eletrodo submetido à altas tensões, que é colocado a uma distância e posição conhecida da zona de formação das gotas, formando uma nuvem de gotas eletricamente carregadas (CHAIM, 2006; LAW, 2014).

A nuvem de gotas carregadas impulsiona um gradiente de potencial elétrico próximo à superfície de contato induzindo cargas de polaridade oposta (LAW, 2014). Isso promove aumento da deposição nas plantas, que são as superfícies mais próximas às pontas, que estão ligadas ao solo, portanto, aterradas (ASANO, 1986). Nesse sentido, a eletrização das gotas pode permitir maior deposição da pulverização nos alvos, o que leva à melhoria da aplicação e, conseqüentemente, aumento da eficácia biológica em menores taxas de aplicação, quando comparada com métodos convencionais (PATEL et al., 2017).

A adição da força eletrostática no sistema pode aumentar a probabilidade de as gotas atingirem o alvo, visto a insegurança de utilizar gotas finas. Em geral, opta-se por utilizar gotas de maior diâmetro, mesmo quando necessário gotas finas, justamente por reduzir os riscos de deriva e evaporação, porém, diminuindo a cobertura do alvo. Law (2014), demonstrou que a força eletrostática supera em grandeza a força gravitacional, isso sugere que, é possível tornar a utilização de gotas menores em sistema eletrostático mais segura quando comparada ao convencional, pois assim, gotas que seriam perdidas têm maiores chances de atingirem o alvo.

No entanto, ainda é inconsistente o resultado do uso dessa tecnologia. Existem estudos em que não foram observadas melhorias nas aplicações realizadas com auxílio da eletrostática (BAYER et al., 2011; SILVA et al., 2000). De acordo com Hislop et al. (1988), isso ocorre devido, principalmente, a dificuldade de gerar gotas de tamanho adequado ao uso de carga eletrostática, uma vez que, o diâmetro médio volumétrico ideal seria não ultrapassar 100 micrômetros.

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação de defensivos. In: v congresso brasileiro de algodão, 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005.
- ASANO, K. Electrostatic spraying of liquid pesticide. **Journal of Electrostatics**, Amsterdam, v. 18, n. 1, 1986.
- AZEVEDO, L. A. S. **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. 1. ed. Rio de Janeiro: IMOS gráfica e editora, 2011, 264p.
- BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamento de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011.
- BONADIO, J. A. B.; NETO, R. A.; COSTA, N. V.; RAMELLA, J. R. P. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas: inovações In: KUHN, O. J. et al. (org.) **Ciências Agrárias Tecnologias e Perspectivas**. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015. p. 207-225.
- CHAIM, A. **Pulverização eletrostática**: principais processos utilizados para eletrificação de gotas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 17p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, n.57).
- CHECHETTO, R. G.; MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, U. R.; CRVALHO, F. K.; VILELA, C. M. Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no estado de Mato Grosso. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 26, n. 1, p. 89-97, Jan./Mar., 2014.
- CONSTANTIN, J.; SALES, J. G. C.; MACIEL, C. D. G. Característica da deposição e distribuição da calda de pulverização na cultura da soja em estágio fenológico V6. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 530-541, maio/jun. 2012
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069- 1074, set-out, 2005.
- 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**, v. 36, p. 1330-1336, 2006.
- CZACZYK, Z.; KRUGER, G.; HEWITT, A. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, v. 52, p. 415-420, 2012.
- 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**, v. 50, p. 1493-1501, 2007.

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. Parte1: Cobertura. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., Ribeirão Preto, SP, 2008. **Anais...** Campinas: Instituto Agronômico de 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**, v. 52, p. 447-457, 2012.

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

LAW, S. E. Electrostatically charged sprays. In: Matthews, G. A. (ed.) **Pesticide application methods**. 4. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2014. p. 545

PATEL, M. K.; PRAVEEN, B.; SAHOO, H. K.; PATEL, B.; KUMAR, A.; SINGH, M.; NAYAK, M. K.; RAJAN, P. An advance air-induced air-assisted electrostatic nozzle with enhanced performance. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 135, p. 280-288, 2017.

PRADO, E. P. Papel da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas na redução da contaminação ambiental. **Revista Agronomia Brasileira**, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP, v. 1, 2017.

QUEIROZ, H. S.; REIS, E. F.; WRUCK, E. Influência da temperatura da calda nas características das gotas de pulverização hidráulicas. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 2, n. 2, p. 61-81, 2011.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo do volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, p. 105-6, 2007.

SCHRÖDER, E. P. Tecnologias inovadoras em aviação agrícola. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. (ed.) **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxico**: novas tecnologias. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária. 1998. p. 87-93.

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.

SOUSA, R. T.; CASTRO, R. D.; PALLADINI, L. A. Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 75-82, jan. 2007.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, v. 28, p. 439-446, 2010.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; SOUZA, G. V. R. Deposição de gotas no dossel da soja por diferentes pontas de pulverização hidráulica e pressões de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 428-435 Out./Dez., 2008.

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DA TAXA DE APLICAÇÃO E PONTAS HIDRÁULICAS ASSOCIADAS À ELETRIFICAÇÃO DAS GOTAS NAS CARACTERÍSTICAS DA PULVERIZAÇÃO NO FEJJOEIRO

RESUMO

No campo, o feijoeiro está constantemente exposto à situações adversas que podem comprometer a produtividade, como por exemplo, a infestação de plantas invasoras, ataques de pragas e doenças. A aplicação de pesticidas é uma operação agrícola necessária, visto o controle químico ser o mais utilizado. Portanto, é fundamental que não haja desperdício da calda aplicada, visando reduzir custos, evitar perdas e garantir que o produto expresse eficácia satisfatória. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o volume de calda capturado e as características da aplicação nos distintos terços de plantas de feijão com variações de pontas hidráulicas e volumes de pulverização, bem como o emprego da eletrificação das gotas. Para tanto, foi conduzido um experimento a campo na safra de verão 2018/2019 em área experimental da Universidade de Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (3 x 4), com 4 repetições. O primeiro fator foi constituído de 3 variações de pontas de pulverização (leque simples, cone vazio e cone vazio com eletrificação das gotas) e o segundo, por 4 taxas de aplicação (50; 100; 150 e 200 L ha⁻¹). As características avaliadas foram o número de gotas cm⁻², porcentagem de cobertura e diâmetro médio volumétrico (DMV) com emprego de papel hidrossensível e o volume capturado (µL cm⁻²) com a adição de traçador à calda de aplicação e posterior remoção desse das folhas. Os resultados permitiram concluir que a eletrificação das gotas não difere da ponta leque para o volume capturado. A densidade de gotas aumenta com a utilização do recurso eletrostático nos terços médio e inferior do feijoeiro. O aumento na taxa de aplicação proporciona incremento para todas as características avaliadas, exceto para a cobertura e DMV da superfície abaxial do terço médio do feijoeiro.

Palavras-Chave: bicos de pulverização, controle químico, eletrostática, *Phaseolus vulgaris*, volume de calda.

CHAPTER 1

INFLUENCE OF THE APPLICATION RATE AND HYDRAULIC NOZZLE ASSOCIATED WITH THE DROP ELECTRIFICATION ON THE CHARACTERISTICS OF SPRAYING IN THE BEAN

ABSTRACT

In the field, beans are constantly exposed to adverse situations that can compromise productivity, such as, for example, the infestation of invasive plants, pest attacks and diseases. The application of pesticides is a necessary agricultural operation, since chemical control is the most used. Therefore, it is essential that there is no waste of the spray solution, in order to reduce costs, avoid losses and ensure that the product expresses satisfactory efficiency. In this sense, the objective was to evaluate the volume of captured syrup and the characteristics of application in the different thirds of bean plants with variations in hydraulic nozzle and spray volumes, as well as the use of electrification of the drops. For that, an experiment was conducted in the field in the summer harvest 2018/2019 in experimental area of the University of Rio Verde. The experimental design was a randomized block, in a factorial scheme (3 x 4), with 4 replications, in which the first factor consisted of 3 variations of spray nozzle (simple fan, empty cone and empty cone with electrification of drops) and the second, by 4 application rates (50, 100, 150 and 200 L ha⁻¹). The characteristics evaluated were the number of drops per cm⁻², percentage of coverage and average volumetric diameter (DMV) using hydrosensitive paper and the captured volume (μL cm⁻²) with the addition of tracer to the application spray and subsequent removal of the spray from the leaves. The results allowed to conclude that the electrification of the drops does not differ from the fan tip to the captured volume. The density of droplets increases with the use of electrostatic resource in the middle and lower thirds of the bean. The increase in the application rate provides an increase for all evaluated characteristics, except for the coverage and DMV of the abaxial surface of the middle third of the bean.

Keywords: spray nozzles, chemical control, electrostatic, *Phaseolus vulgaris*, syrup volume.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de feijão. Cultivado por grandes e, principalmente, pequenos produtores, em diversos sistemas de produção e em grande parte da região nacional, o feijoeiro reveste-se de grande importância econômica e social (BINOTTI et al., 2009). Apesar de sua demanda, a cultura apresenta elevados níveis de flutuação de produtividade. Visto que pode ser produzido em até três épocas de cultivo durante o ano, está constantemente exposto a pragas e patógenos durante o seu ciclo de desenvolvimento.

Um dos principais métodos para evitar as perdas ocasionadas por tais elementos bióticos é a utilização de produtos fitossanitários. De acordo com o manejo integrado, o controle químico deve ser a última técnica utilizada, embora seja notória a necessidade de realizá-la, por não termos medidas mais práticas e eficazes (SANTOS-JUNIOR et al., 2015).

Uma das formas mais utilizadas para aplicação de pesticidas, tem sido a pulverização, que por sua vez, também é bastante explorada para fertilização foliar. Entretanto, na maioria dos casos, dá-se muita atenção ao produto a ser utilizado, negligenciando a técnica de aplicação, o que pode aumentar o potencial de perdas (JULIATTI et al., 2010).

As perdas em aplicações pulverizadas podem ultrapassar 65% do total aplicado, principalmente por deriva, evaporação e escurrimto para o solo. A deriva nas aplicações é considerada um dos maiores problemas da agricultura, tanto pelo lado econômico, como também pela exposição dos trabalhadores, devendo ainda considerar a contaminação ambiental (BELO et al., 2012; CHAIM et al., 2000).

Visto a necessidade das aplicações via pulverização, faz-se necessário utilizar melhor os recursos disponíveis para minimizar os problemas com a deriva, evaporação e contaminação do solo, de forma a otimizar a deposição do produto no alvo. Dessa forma, dependendo do alvo, as gotas precisam atravessar a barreira imposta pela massa de folhas, e assim promover eficiência de cobertura nos estratos inferiores da planta (ZHU et al., 2008).

As pontas de pulverização e o volume de calda são fatores básicos para o sucesso de uma aplicação. As pontas produzem gotas de vários tamanhos, o que tem influência direta na deposição do produto no alvo. Além disso, existe uma busca em reduzir a taxa de aplicação utilizada, com o objetivo de aumentar a autonomia do pulverizador e reduzir custos. Neste cenário se insere a pulverização eletrostática. Uma vez que a combinação desse sistema, em consequência a redução das taxas de aplicação, pode trazer benefícios econômicos e reduzir

perdas de produto para o ambiente (CHAIM, 2006; FRITZ et al., 2012; LAW, 2014; PRADO, 2017).

Sendo assim, objetivou-se com a execução deste trabalho avaliar o volume de calda capturado e as características da aplicação nos distintos terços de plantas de feijão com variação de pontas e volumes de pulverização, bem como o emprego da eletrificação nas gotas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado a campo em área experimental da Universidade de Rio Verde - UniRV, na safra 2018/2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 4. Fora avaliados, 3 variações de pontas de pulverização (leque simples (AXI11002), cone vazio (TXA80015) e cone vazio (TXA80015) com eletrificação das gotas), em 4 taxas de aplicação (50; 100; 150 e 200 L ha⁻¹), totalizando 12 tratamentos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos empregados para avaliação da qualidade da aplicação

Ponta de pulverização	Pressão (Lib. pol ⁻²)	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Velocidade (km h ⁻¹)
Leque simples	40	50	18,0
Leque simples	40	100	9,0
Leque simples	40	150	6,0
Leque simples	40	200	4,5
Cone vazio	71	50	18,0
Cone vazio	71	100	9,0
Cone vazio	71	150	6,0
Cone vazio	71	200	4,5
Cone vazio com eletrificação	71	50	18,0
Cone vazio com eletrificação	71	100	9,0
Cone vazio com eletrificação	71	150	6,0
Cone vazio com eletrificação	71	200	4,5

A variedade de feijão semeada foi a Estilo, almejando-se uma distribuição final de 9 plantas por metro, em espaçamento de 0,5 m entrelinhas de semeadura. As dimensões das parcelas foram de 6 m de comprimento e 2,5 m de largura, com área útil central de 6 m². O experimento continha um corredor de transição central de 3 metros de largura em toda sua

extensão, uma vez que as aplicações foram realizadas via terrestre. Na ocasião das avaliações, as plantas encontravam-se em estágio R7 de desenvolvimento.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas no período da manhã entre 8 e 12 horas, e no período da tarde entre 16 e 19:30 horas. Para isso, foi utilizado trator Agrale 5050 (TDA) com pulverizador montado (Jacto Condor AM12/600) com adaptação do sistema eletrostático por indução com eletrificação indireta.

Durante as aplicações, a média das condições climáticas foram: umidade relativa do ar 47,5%; velocidade do vento 4,4 km h⁻¹; temperatura ambiente 31 °C, aferidas com o aparelho portátil termo-higro-anemômetro (Kestrel® 3000), posicionado em distância vertical de 0,5 metro acima da cultura.

Para a avaliação da qualidade da aplicação foram usadas duas metodologias distintas. A primeira teve por objetivo quantificar o volume de calda capturado nos diferentes terços da planta de feijão. Constituiu-se da aplicação de calda com água, adjuvante (Amplio LIM, 50 mL 100L⁻¹ de água) e traçador (azul brilhante FDC 1 na concentração de 3 g L⁻¹ de água), realizada a 0,5 m de altura da cultura.

Após cada aplicação, as quais foram realizadas com diferentes velocidades para a obtenção das taxas de aplicação desejadas, coletou-se as amostras de uma folha para cada terço (superior, médio e inferior) em cinco plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente, que foram separadas, acondicionadas e identificadas em sacos plásticos (30 cm x 15 cm). Posteriormente, essas foram encaminhadas ao laboratório, uma vez que cada amostra foi lavada com 50 mL de água destilada, para remoção do corante (traçador) após agitação manual por 30 segundos. Foi realizada a leitura de absorvância da solução obtida após a lavagem de cada amostra por meio de aparelho espectrofotômetro em comprimento de onda 630 nm. Ainda, com calda coletada diretamente do equipamento pulverizador, foi elaborada uma curva de calibração com diferentes concentrações (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 µL) para determinar um padrão de comparação das amostras analisadas.

Segundo Scudeler et al. (2004), os valores de absorvância, quando relacionados a diferentes concentrações do corante Azul Brilhante, permitem o estabelecimento de uma equação de reta linear, neste caso: $y = -0,0327 + 0,1194x$ ($r^2 = 99,55$), utilizada para indicar a concentração do corante (mg L⁻¹) capturado pelo alvo durante a aplicação. Ao correlacionar a concentração do corante, na solução de lavagem das amostras, com a obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo por meio da seguinte equação: $V_i = (C_f \times V_f) / C_i$, em que: V_i = volume capturado pelo alvo (mL); C_f = concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorvância e transformada para

mg L⁻¹; Vf = volume de diluição da amostra (50 mL); Ci = concentração do corante na amostra (3000 mg L⁻¹).

Com a utilização de aparelho scanner de medição a laser: CI-202 Portable Laser Leaf Area Meter, obteve-se a área foliar coletada de cada tratamento. Procedeu-se então, a divisão do volume depositado pela área das folhas, obtendo-se assim, a quantidade de calda em $\mu\text{L cm}^{-2}$ (volume capturado) em cada estrato foliar, após a aplicação de cada tratamento.

No momento das aplicações, executou-se, concomitantemente, a segunda metodologia, com o objetivo de avaliar a densidade de gotas cm⁻², cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm). Nessa, foram fixadas quatro unidades de papel hidrossensível pré-identificados, em cada terço da planta, em quatro plantas por parcela, as quais foram escolhidas aleatoriamente na área útil, centralizada em cada parcela. Passados 30 segundos da aplicação, os papeis hidrossensíveis foram recolhidos e embalados em papel absorvente, separados pelos terços superior, médio (adaxial e abaxial) e inferior, para que, posteriormente, fossem digitalizados e avaliados pelo programa Gotas 2.2 (CHAIM et al., 2006), desenvolvido pela Embrapa.

Para a análise estatística, os dados foram testados quanto à normalidade, utilizando o teste de Shapiro-Wilk (1965) e de homogeneidade da variância dos erros, por Bartlett (1937). Os dados de densidade de gotas e porcentagem de cobertura, não apresentaram distribuição normal ou homogeneidade da variância, portanto, foram transformados em raiz de $x+0,5$. Efetuou-se análise de variância para as características avaliadas e quando constatado efeito significativo foi aplicado análise de regressão para as taxas de aplicação e para as pontas de pulverização, o teste Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Volume de calda capturado

De acordo com os resultados da análise de variância, somente para o estrato inferior, houve interação entre os fatores pontas de pulverização e taxas de aplicação. Para os extratos superior e médio houve efeito significativo dos fatores isoladamente (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a característica volume capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos superior, médio e inferior do feijoeiro após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		Superior	Médio	Inferior
Bloco	3	0,000042	0,000113	0,000058
Ponta (P)	2	0,000329 *	0,000350 *	0,000001 ^{ns}
Taxa (T)	3	0,005219 **	0,001718 **	0,000151 **
P x T	6	0,000076 ^{ns}	0,000090 ^{ns}	0,000204 *
Erro	33	0,00008	0,000099	0,000012
C.V. (%)		20,4	34,6	24,5

** , * , ^{ns} significativo a 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Para o estrato superior e médio das plantas, independentemente da taxa de aplicação utilizada, a ponta cônica vazia com o uso da eletrostática proporcionou maior volume capturado de calda quando comparada à ponta cônica vazia (Tabela 3).

Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que houve atração entre as gotas energizadas com carga negativa pelo equipamento eletrostático e as plantas. O mesmo não ocorreu com a ponta cônica vazia, em que as gotas estavam desprovidas de carga elétrica. Sasak et al. (2013) trabalhando com pulverização eletrostática na cultura do café, relataram um aumento de 37% na deposição da calda de aplicação em relação ao sistema eletrostático desligado. Neste, trabalho houve aumento de 13,63% quando o equipamento eletrostático foi acionado.

Pontas cônicas, devido a maior pressão de trabalho, geram gotas finas e, dessa forma, estão mais sujeitas à perdas por deriva e evaporação (VILLALBA; HETZ, 2010). A eletrificação das gotas, portanto, pode ter reduzido tais perdas, visto o incremento do volume capturado com a utilização do sistema eletrostático. Relacionado às crescentes taxas de aplicação, no terço superior, houve um comportamento linear ascendente (Figura 1A).

Semelhante comportamento das variações de pontas de pulverização foram observadas para o estrato médio das plantas, uma vez que a taxa de aplicação também foi expressa por uma reta linear crescente (Figura 1B). Pode-se observar também que, as aplicações realizadas a 100 L ha⁻¹ com a utilização da eletrostática, proporcionou números similares às realizadas utilizando ponta cônica vazia e leque a 150 L ha⁻¹. Isso sugere que, dependendo do volume pulverizado, a eletrificação das gotas pode auxiliar na redução da taxa de aplicação sem prejudicar o volume de calda capturado, visto que, esse comportamento se repetiu nos terço inferior.

Tabela 3. Valores médios do volume capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos, superior, médio e inferior de feijão após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização

Estrato superior *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	0,2939	0,5973	0,8247	1,1311	0,7117 ab
Cone vazio	0,2777	0,6447	0,7123	1,1467	0,6953 b
Cone vazio com eletrificação	0,3471	0,7221	1,0448	1,0464	0,7901 a
Médias	0,3062	0,6547	0,8606	1,1081	
Estrato médio *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	0,1957	0,3792	0,3821	0,9932	0,4875 ab
Cone vazio	0,2071	0,3943	0,3624	0,6381	0,4004 b
Cone vazio com eletrificação	0,1736	0,5727	0,4947	0,9847	0,5564 a
Médias	0,1921	0,4487	0,4131	0,8721	
Estrato inferior *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	0,1781	0,2344	0,2553 ab	0,4095	0,2693
Cone vazio	0,1862	0,2228	0,2012 b	0,3528	0,2475
Cone vazio com eletrificação	0,1045	0,3557	0,4114 a	0,3341	0,3014
Médias	0,1562	0,2709	0,2893	0,3654	

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o estrato inferior do feijoeiro, na taxa de 150 L ha^{-1} , houve interação significativa entre as pontas de pulverização e as taxas de aplicação. Relacionado à ponta leque, observou-se para as taxas de aplicação, um crescimento linear do volume capturado e para a ponta cônica vazia com eletrificação das gotas, comportamento quadrático, com pico do volume capturado aos 153 L ha^{-1} (Figura 1C), posto que não houve efeito da variação nas taxas de aplicação para a ponta tipo cone vazio.

O que justifica este comportamento é o fato de que quando se utiliza uma elevada taxa de aplicação aumenta-se as chances de perdas da calda por escorrimento para o solo, ou seja, as gotas depositadas no estrato superior e médio, provavelmente, escorreram para o solo de forma a não se depositarem no estrato inferior, fato esse denominado de “efeito guarda-chuva”. O mesmo comportamento foi verificado por Cunha et al. (2010), que trabalhando com aplicações de taxas crescentes, também observou redução na porcentagem de cobertura no terço inferior de plantas de milho.

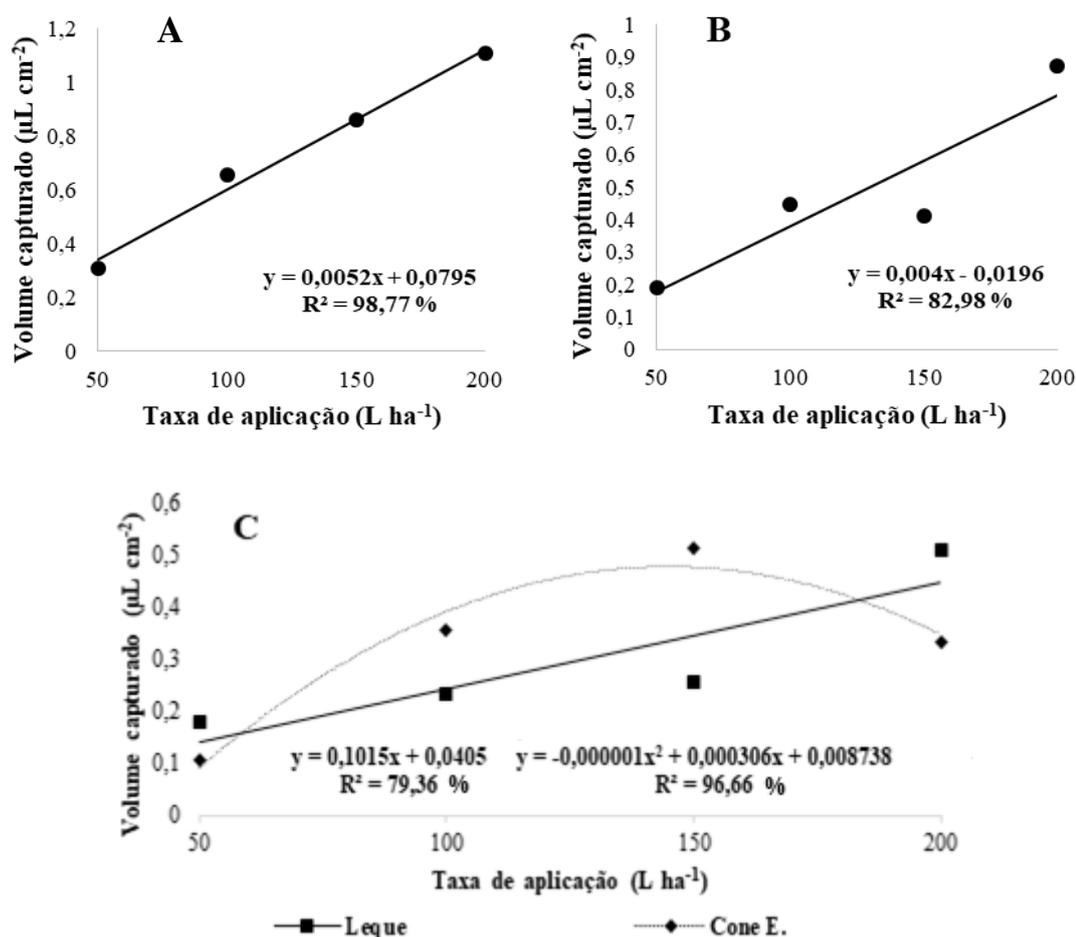


Figura 1. Representação gráfica da regressão para a característica volume capturado de calda no terço superior (A), médio (B) e inferior (C) de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

Características da aplicação

Segundo os resultados da análise de variância (Tabela 4), para o estrato superior das plantas de feijão, não houve interação entre os fatores para nenhuma das características avaliadas. Em relação à cobertura e diâmetro médio volumétrico, houve efeito significativo apenas para as crescentes taxas de aplicação. Para densidade de gotas, além das taxas, também houve efeito significativo para as variações das pontas de pulverização.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato superior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	537,63	3,79	61,66
Ponta (P)	2	6823,14 *	4,89 ^{ns}	4078,36 ^{ns}
Taxa (T)	3	12233,85 *	922,06 *	10508,70 *
P x T	6	579,47 ^{ns}	15,01 ^{ns}	1747,14 ^{ns}
Erro	33	348,45	7,76	1486,8
C.V. (%)		14,3	16,2	14,0

**, *, ^{ns} significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

Para densidade de gotas, relacionado às pontas de pulverização, destaca-se o comportamento do cone vazio, que mesmo com o sistema eletrostático desligado, diferiu significativamente do leque simples (Tabela 5). Isso ocorreu devido à maior quantidade de gotas produzidas por aquele. A utilização da ponta cone vazio aumentou a densidade de gotas em 23,5 % comparando com a ponta tipo leque. Entretanto quando ligado o sistema eletrostático esse incremento foi de 37,5%. Isso demonstra que, a ponta cone vazio com a eletrificação das gotas, tem grande potencial para incrementar o número de gotas cm^{-2} no terço superior.

Mesmo que o cone vazio, com ou sem eletrificação das gotas, tenha demonstrado maior densidade de gotas, quando comparada com a ponta leque, essa diferença não foi suficiente para proporcionar melhor cobertura do terço superior, sendo que os três tipos de pontas utilizadas obtiveram cobertura semelhante. Isso ocorreu devido as gotas não terem encontrado limitações para depositarem no terço superior. Visto que as aplicações foram realizadas quando as condições climáticas estavam ideais, nesse caso, tanto as gotas finas, quanto as de maior DMV foram capazes de proporcionar cobertura satisfatória nessa localidade da planta.

Em relação às crescentes taxas de aplicação utilizadas houve influência para todas as características avaliadas, em que observou-se comportamento linear crescente para densidade de gotas (Figura 2A), cobertura (Figura 2B) e DMV (Figura 3C). Portanto, independentemente da ponta de pulverização utilizada, o acréscimo no volume aplicado pode melhorar a qualidade da aplicação, visto que o aumento de 50 para 200 L ha^{-1} incrementou em 86% e 371% a densidade de gotas e cobertura respectivamente.

Tabela 5. Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas estrato superior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

Densidade de gotas *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	71,00	104,75	120,00	139,25	108,75 b
Cone vazio	93,50	137,25	138,50	168,00	134,31 a
Cone vazio com eletrificação	90,25	168,00	173,00	167,25	149,62 a
Média	84,91	136,66	143,83	158,16	
Cobertura					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	5,18	15,90	23,59	25,98	17,66
Cone vazio	5,21	14,90	18,44	27,71	16,56
Cone vazio com eletrificação	6,02	17,15	22,07	23,73	17,24
Média	5,47	15,99	21,37	25,80	
Diâmetro médio volumétrico					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	294,84	301,48	273,02	304,92	293,56
Cone vazio	239,06	279,24	221,23	334,64	268,54
Cone vazio com eletrificação	238,22	270,52	246,80	299,97	263,87
Média	257,37	283,74	247,01	313,17	

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o DMV houve aumento de 21% no tamanho das gotas. Isso provavelmente aconteceu devido a sobreposição das gotas, uma vez que, quanto maior taxa utilizada, maior o volume de calda pulverizada por área, o que aumenta as chances de sobreposição das gotas no papel hidrossensível. Este comportamento corrobora com os resultados obtidos por Dalla Favera (2012), em que a maior taxa de aplicação proporcionou o maior diâmetro médio volumétrico das gotas. O autor também concluiu que esse fato poderia estar relacionado à maior sobreposição e coalescência de gotas no papel hidrossensível.

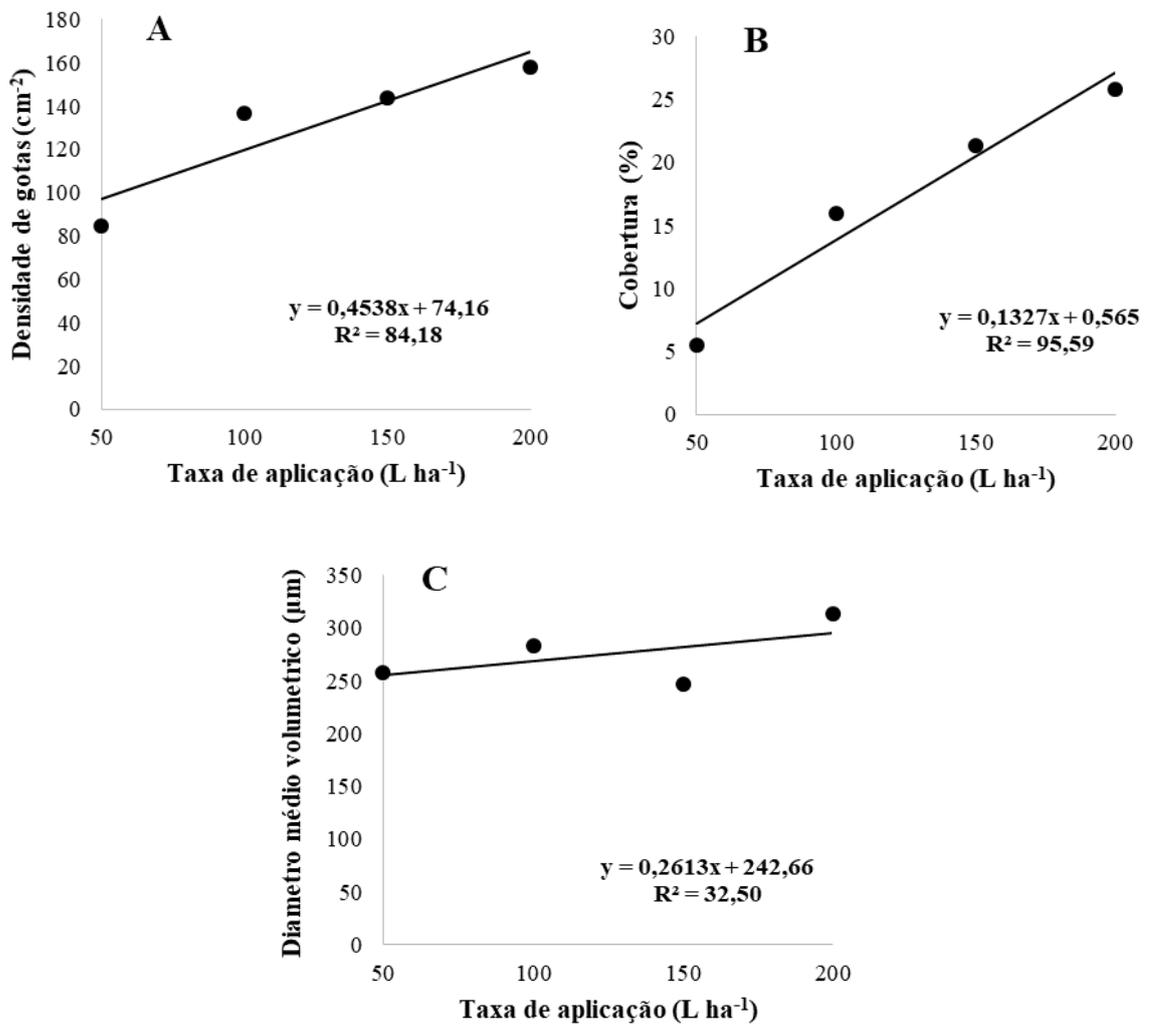


Figura 2. Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A), cobertura (B) e diâmetro médio volumétrico (C) no terço superior de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

Em relação ao terço mediano do feijoeiro, para a característica densidade de gotas, houve interação significativa entre as pontas de pulverização e as taxas de aplicação (Tabela 6). Para cobertura, apenas as variações na taxa de aplicação influenciaram significativamente, já para o diâmetro médio volumétrico houve efeito da taxa de aplicação e da variação das pontas de pulverização.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	227,66	11,59	1734,82
Ponta (P)	2	5382,06 *	15,72 ^{ns}	14370,34 *
Taxa (T)	3	7126,38 *	274,68 *	4268,05 **
P x T	6	626,61 **	4,57 ^{ns}	1099,62 ^{ns}
Erro	33	235,9	7	1147,47
C.V. (%)		17,5	27,0	14,2

** , * , ^{ns} significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

Para a característica densidade de gotas, as pontas de pulverização diferiram nas aplicações realizadas com 100 e 150 L ha^{-1} (Tabela 7), destacando-se o comportamento da ponta cônica vazia com a utilização da eletrostática, que foi superior à ponta tipo leque, devido a maior quantidade de gotas produzidas por esse tipo de ponta, possivelmente por causa da maior pressão de trabalho utilizada.

Ainda, para essa característica, nas aplicações realizadas com 100 e 150 L ha^{-1} , a ponta cônica com eletrostática foi superior, também, quando comparada à ponta de mesmo tipo sem a eletrificação das gotas. Portanto, a interação entre as gotas energizadas e a planta, fez com que houvesse incremento da densidade de gotas, pois pode ter ocorrido aproveitamento das gotas mais finas, visto que, houve diferença significativa entre as pontas em relação ao diâmetro das gotas nesta localidade da planta.

Segundo estudo realizado por Schanbatoski (2019), com aplicações utilizando ponta cônica de jato vazio com e sem a eletrificação das gotas, também observou incremento significativo para densidade de gotas, com o sistema eletrostático ligado, no terço médio em plantas de trigo. Esse comportamento reforça o fato de que a eletrostática pode incrementar essa característica, uma vez que, relacionado à arquitetura das plantas, há muita diferença entre plantas de trigo e feijão o que pode interferir diretamente na deposição das gotas, porém em ambos os casos, o sistema eletrostático aumentou a densidade de gotas.

Comparando as aplicações de 100 e 200 L ha^{-1} podemos observar que os números de densidade de gotas obtidos com o uso da eletrostática na primeira, foram maiores quando comparados com os demais tipos de pontas utilizando o dobro do volume aplicado (200 L ha^{-1}

¹), isso sugere que, a utilização da eletrostática nas aplicações tem potencial em reduzir a taxa de aplicação com a segurança de não prejudicar o número de gotas por cm^{-2} .

Segundo Matthews (2000), a densidade de gotas é um parâmetro importante para o resultado da aplicação, portanto a eficiência desta característica está diretamente ligada a forma de ação do defensivo utilizado. Em geral, produtos sistêmicos necessitam de uma densidade entre 30 a 50 gotas cm^{-2} e os de contato, 70 ou mais gotas cm^{-2} . Portanto, de acordo com os resultados deste trabalho, tendo em vista a constante busca em reduzir o volume aplicado, aplicações realizadas a 50 L ha^{-1} com produto de contato, certamente reduzirão a eficácia do produto no controle do alvo, mesmo com o auxílio do equipamento eletrostático.

Referente à cobertura, as pontas de pulverização obtiveram resultados semelhantes, não diferindo significativamente. Sendo assim, mesmo que a ponta cônica com eletrostática tenha proporcionado incremento na densidade de gotas, isto não foi suficiente para melhorar a cobertura do terço médio. Román et al. (2009), comparando ponta tipo leque de jato duplo e cônico em relação a porcentagem de cobertura no terço médio na cultura da soja, observou resultado similar ao deste trabalho. Isso demonstra que o incremento dessa característica para essa localidade das plantas, se deve também a outros fatores, não só a escolha da ponta.

Tabela 7. Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

Densidade de gotas *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	45,50	76,00 b	61,25 b	100,25	70,75
Cone vazio	58,00	82,50 b	85,75 b	113,00	85,31
Cone vazio com eletrificação	60,00	120,25 a	124,50 a	126,00	107,18
Média	54,50	92,91	90,50	103,08	
Cobertura					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	4,69	8,85	9,60	17,80	10,23
Cone vazio	4,34	7,74	9,32	13,32	8,68
Cone vazio com eletrificação	4,84	8,96	11,00	17,31	10,52
Média	4,62	8,52	9,97	16,14	
Diâmetro médio volumétrico *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	257,96	289,7	245,96	296,6	272,55 a
Cone vazio	200,76	232,8	209,11	215,67	214,58 b
Cone vazio com eletrificação	219,19	219,8	209,39	273,11	230,37 b
Média	225,97	243,43	221,49	261,79	

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação às crescentes taxas de aplicação houve um comportamento semelhante para as três características avaliadas, uma vez que a densidade de gotas (Figura 3A), porcentagem de cobertura (Figura 3B) e o DMV (Figura 3C), foram representados por uma reta linear ascendente. Portanto para não comprometer a distribuição da calda aplicada no terço médio em plantas de feijão, a decisão de reduzir o volume aplicado dever ser tomada de forma bastante criteriosa.

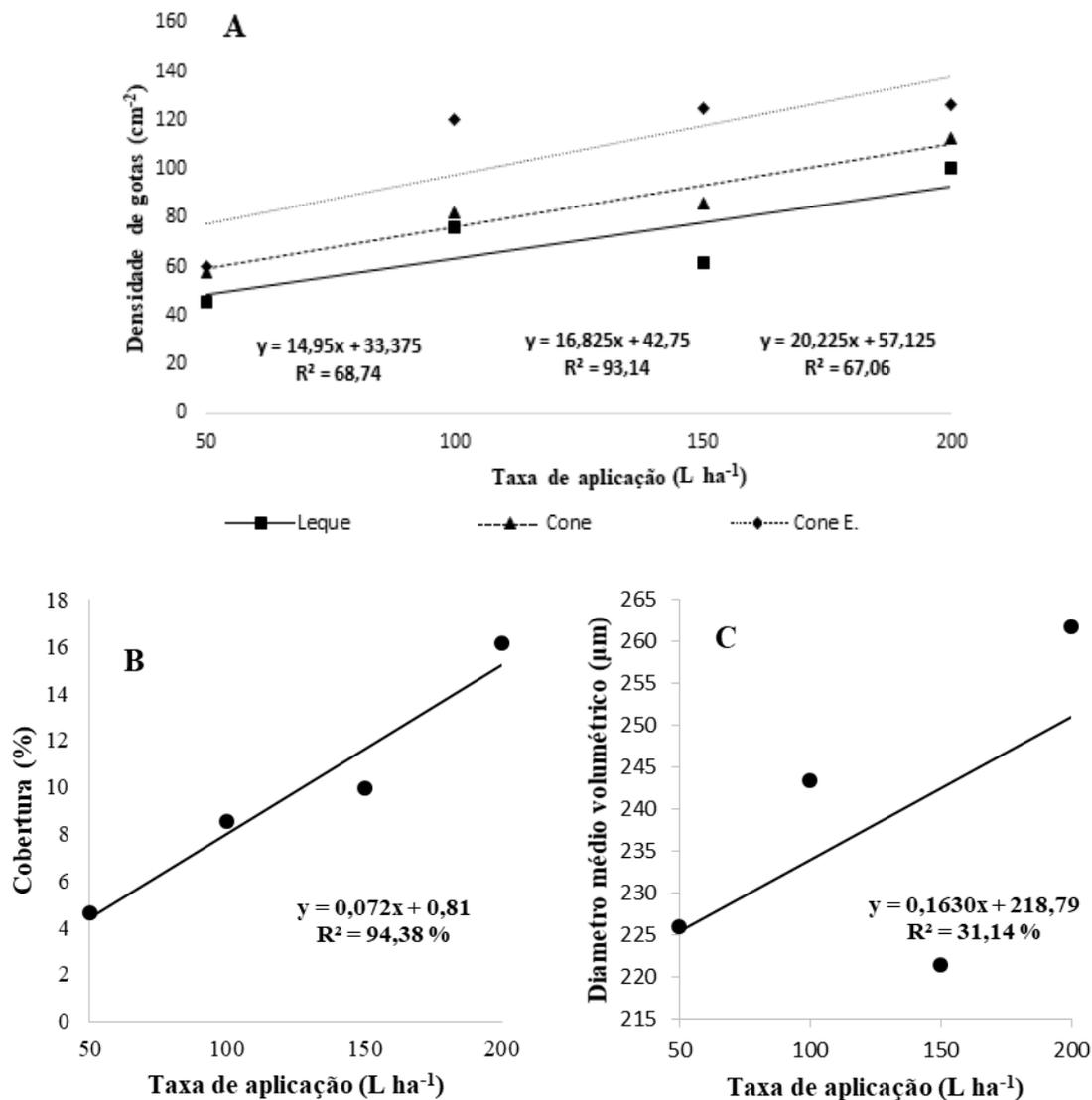


Figura 3. Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A), cobertura (B) e diâmetro médio volumétrico (C) no terço médio de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

A análise de variância demonstrou que, para o terço inferior do feijoeiro, não houve interação entre os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação para nenhuma das características avaliadas (Tabela 8). A variação das pontas de pulverização influenciou significativamente a densidade das gotas bem como o diâmetro médio volumétrico. Relacionado a cobertura, houve diferença estatística apenas para as crescentes taxas de aplicação.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm⁻², cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (µm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	32,02	8,11	24,36
Ponta (P)	2	2979,64 *	7,46 ^{ns}	4807,81 *
Taxa (T)	3	2511,35 *	42,92 *	3323,25 *
P x T	6	243,14 ^{ns}	1,91 ^{ns}	780,62 ^{ns}
Erro	33	141,26	2,14	603,03
C.V. (%)		23,1	33,3	11,6

**, *, ^{ns} significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

Referente à densidade de gotas, a ponta cônica vazia foi superior à ponta leque (Tabela 9), entretanto, quando acionado o sistema eletrostático, houve incremento significativo para esta característica. Portanto, a ponta cônica com o uso da eletrostática demonstrou ser superior às demais utilizadas.

Tendo em vista que o diâmetro médio volumétrico das gotas produzidas pela ponta tipo leque foi significativamente maior quando comparado às outras variações, pode-se certificar que, gotas de maior diâmetro têm menores chances de atingirem o terço inferior do feijoeiro em estágio reprodutivo. Silva et al. (2014), realizou experimento com aplicações utilizando diferentes pontas de pulverização e, relatou que, a maior densidade de gotas no terço inferior das plantas foi observada nas aplicações com pontas que produziam gotas mais finas.

Nesse sentido, constata-se que para obter maior número de gotas nesta localidade da planta, faz-se necessário o uso de pontas que gerem gotas finas, uma vez que isso somado ao auxílio do recurso eletrostático, pode proporcionar melhorias no aproveitamento das gotas que provavelmente seriam perdidas, como foi observado pela maior densidade de gotas utilizando-se cone vazio com eletrificação das gotas. Schanbatoski (2019), observou que, a densidade de gotas obtidas no solo para a aplicação eletrostática apresentou redução significativa quando comparada com a aplicação convencional, comprovando que a pulverização eletrostática tem um alto potencial para reduzir as perdas de produto para o solo.

Tabela 9. Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior, do feijoeiro após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

Pontas de pulverização	Densidade de gotas *				
	Taxa (L ha^{-1})				
	50	100	150	200	Média
Leque simples	29,00	30,25	38,00	51,75	37,25 c
Cone vazio	35,50	45,25	54,00	76,75	52,87 b
Cone vazio com eletrificação	38,00	67,25	75,00	77,50	64,46 a
Média	34,16	47,58	55,66	68,66	
Pontas de pulverização	Cobertura				
	Taxa (L ha^{-1})				
	50	100	150	200	Média
Leque simples	1,97	3,81	3,48	5,87	3,78
Cone vazio	2,55	3,76	4,39	6,37	4,27
Cone vazio com eletrificação	2,12	4,20	6,11	8,09	5,13
Média	2,21	3,92	4,66	6,78	
Pontas de pulverização	Diâmetro médio volumétrico *				
	Taxa (L ha^{-1})				
	50	100	150	200	Média
Leque simples	204,45	262,37	214,41	246,60	231,96 a
Cone vazio	182,87	197,59	200,79	214,86	199,03 b
Cone vazio com eletrificação	193,55	200,32	198,21	232,36	206,11 b
Média	193,62	220,09	204,47	231,27	

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A respeito da cobertura, houve comportamento semelhante ao descrito para os terços superior e médio das plantas, uma vez que o incremento na densidade de gotas ocasionado pela ponta cônica com eletrostática não foi suficiente para proporcionar melhoria significativa na porcentagem de cobertura no terço inferior. Essa característica foi influenciada apenas pela taxa de aplicação, comportamento este, representado por uma reta linear crescente (Figura 4A). Aumentando a taxa de aplicação de 50 para 200 L ha^{-1} houve um incremento de 206% na cobertura nesta localidade da planta.

Cunha et al. (2006), trabalhando com aplicação de fungicida para controle de ferrugem asiática em soja, avaliou a deposição entre os terços superior e inferior das plantas, observando maior uniformidade com os maiores volumes de calda aplicados. Os resultados desse trabalho estão de acordo com essa informação, em que o comportamento se manteve nos três terços da planta, com maiores taxas proporcionando maior cobertura.

As crescentes taxas de aplicação, independentemente das pontas utilizadas, também influenciaram na densidade de gotas (Figura 4B) e no DMV (Figura 4C), demonstrando

comportamento similar ao descrito anteriormente, representados por uma reta linear ascendente. O que novamente justifica esse fato é que, nas maiores taxas de aplicação há maior quantidade de calda pulverizada por área, desta forma aumenta-se as chances de ocorrer sobreposição das gotas no papel hidrossensível. De Bortoli (2011), trabalhando com aplicações para controle da ferrugem asiática em plantas de soja, verificou aumento no espectro das gotas depositadas e justificou que este fato pode estar relacionado com a sobreposição das gotas.

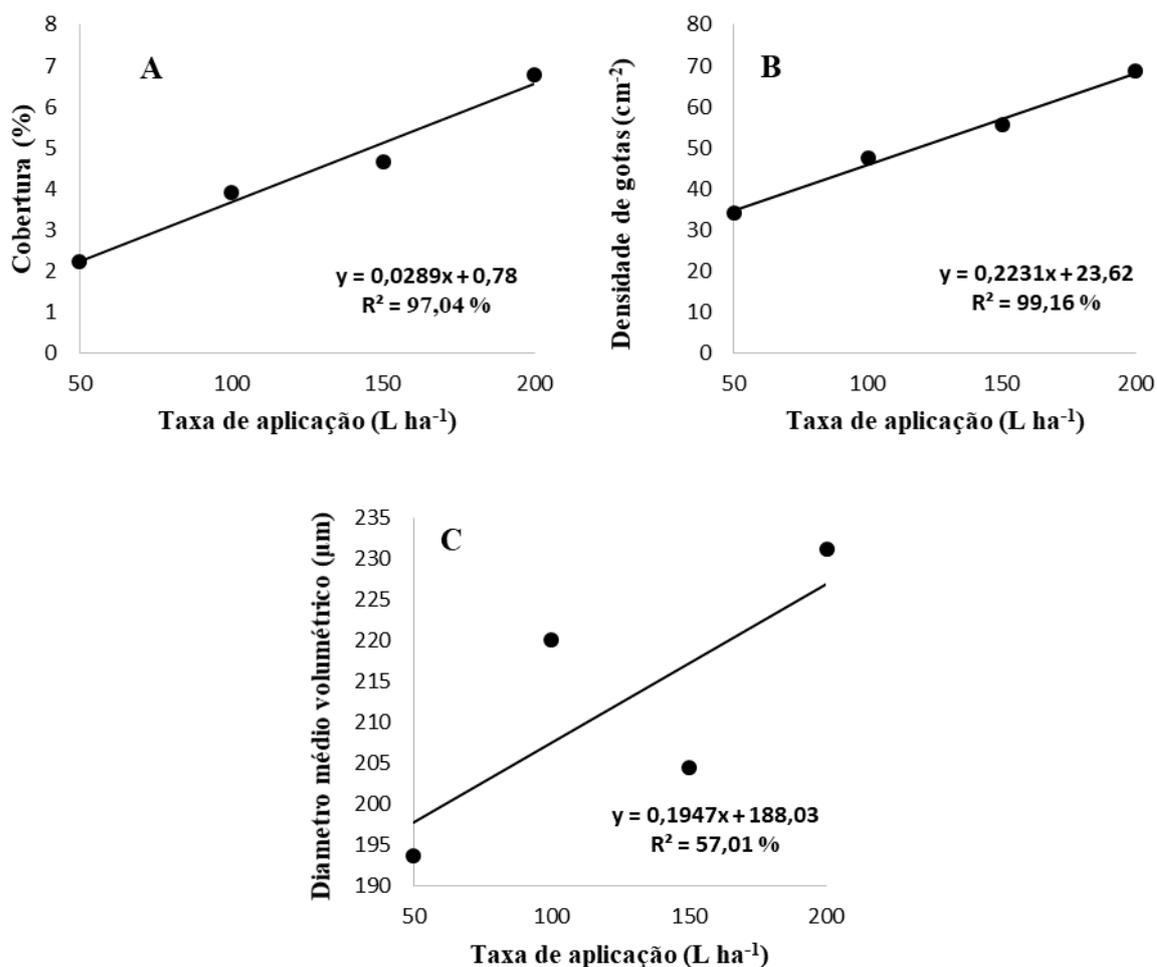


Figura 4. Representação gráfica da regressão para as características cobertura (A), densidade de gotas (B) e diâmetro médio volumétrico (C) no terço inferior de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

Na face abaxial das folhas do terço médio do feijoeiro, observa-se que não houve interação significativa para nenhuma das características avaliadas (Tabela 10). A densidade de gotas, porcentagem de cobertura e o DMV não foram influenciados pela variação nas pontas de pulverização para esta localidade das plantas. As crescentes taxas de aplicação tiveram influência significativa apenas para densidade de gotas.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície abaxial de folhas do estrato médio do feijoeiro, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	11,5	0,02	2812,93
Ponta (P)	2	1,64 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2686,69 ^{ns}
Taxa (T)	3	12,16 ^{**}	0,01 ^{ns}	5698,59 ^{ns}
P x T	6	2,39 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2414,27 ^{ns}
Erro	33	2,81	0,00	4637,57
C.V. (%)		118,5	109,8	92,9

**^{ns} significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

Referente à densidade de gotas, as pontas de pulverização não incrementaram esta característica (Tabela 11). Derksen et al. (2007), trabalhando com aplicações com diferentes tipos de pontas sem variar a taxa de aplicação, constatou a ineficiência de todas as pontas utilizadas para cobertura da superfície abaxial em plantas frutíferas. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com esta informação. Sendo assim a ponta de pulverização, mesmo com o auxílio da eletrostática, não deve ser utilizada como um fator isolado quando o alvo estiver presente nessa localidade da planta de feijão.

Tabela 11. Valores médios para a característica densidade de gotas cm^{-2} , na superfície abaxial de folhas do estrato médio do feijoeiro, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

Pontas de pulverização	Densidade de gotas				
	Taxa (L ha^{-1})				
	50	100	150	200	Média
Leque simples	0,25	1,25	0,75	2,00	1,06
Cone vazio	1,00	0,75	0,25	4,00	1,50
Cone vazio com eletrificação	0,50	2,25	1,50	2,50	1,68
Média	0,58	1,41	0,83	2,83	

Ainda, referente à densidade de gotas, houve diferença apenas para as taxas de aplicação. O aumento de 50 para 200 L ha^{-1} acrescentou em 387% a densidade de gotas cm^{-2} , representado por uma linear crescente (Figura 5). Entretanto, na maior taxa de aplicação utilizada, a média desta característica foi de apenas 2,83 gotas cm^{-2} . É notório que apenas o incremento na taxa de aplicação não é suficiente para que se tenha valores expressivos para

melhorar a qualidade da aplicação na superfície abaxial das folhas, uma vez que, o ideal para produtos sistêmicos, seria em torno de 30 a 50 gotas cm^{-2} .

Raetano et al. (2003), trabalhando com aplicações com assistência de ar junto a barra de pulverização, relatou que obteve melhoria nos níveis de depósito da calda na superfície abaxial dos folíolos inferiores da cultura do feijoeiro. Isso sugere que a distribuição da calda aplicada na superfície abaxial das folhas requer otimização da tecnologia de aplicação, aliando o resultado de um conjunto de fatores.

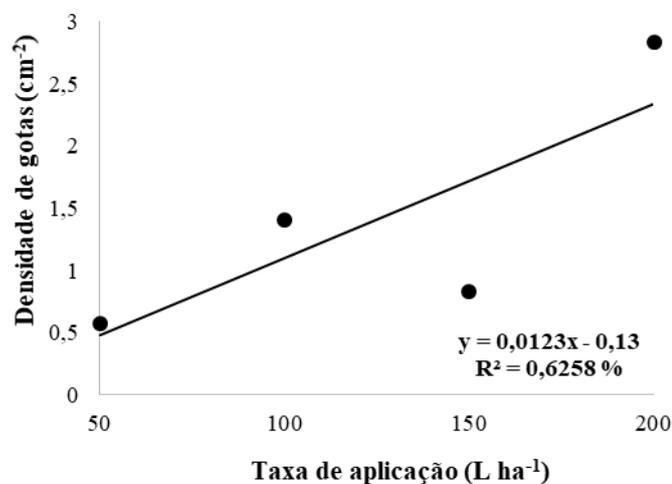


Figura 5. Representação gráfica da regressão para a característica densidade de gotas na face abaxial das folhas do terço médio de plantas de feijão, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

4 CONCLUSÕES

O volume capturado nos distintos terços do feijoeiro em estágio R7 de desenvolvimento, após aplicações com o sistema eletrostático, não difere de quando realizadas com ponta tipo leque.

Ponta tipo cone vazio, com ou sem eletrificação das gotas proporciona maior densidade de gotas no terço superior, comparada com a tipo leque.

Para o terço médio do feijoeiro, nas aplicações com 100 e 150 L ha^{-1} , a ponta cone vazio com o sistema eletrostático ligado, proporciona maior densidade de gotas.

A utilização da eletrostática incrementa a densidade de gotas no terço inferior do feijoeiro.

O aumento na taxa de aplicação incrementa o volume capturado, densidade de gotas, cobertura e DMV nos terços superior, médio e inferior do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences*, London, v. 160, p. 268-282, 1937.

BELO, M. S. S. P.; PIGNTI, W.; DORES, E. F. G. C.; MOREIRA, J. C. M.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do Estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. *Revista Brasileira Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 78-88, 2012.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, A. C. C.; KAMIMURA, K.M. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. *Bragantia*, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.

CHAIM, A.; CAMARGO NETO, J.; PESSOA, M. C. P. Y. **Uso do programa computacional Gotas para avaliação da deposição de pulverização aérea sob diferentes condições climáticas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 18p. (Embrapa Meio Ambiente: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).

CHAIM, A. **Pulverização Eletrostática**: principais processos utilizados para eletrificação de gotas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 17, 2006.

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, p. 13-22, 2000.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, L. L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 3, p. 366-372, jul-set, 2010.

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

DALLA FAVERA, D. **Pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre o controle da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja**. 2012. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, 2012.

DEBORTOLI, M. P. **Efeitos dos espectros de gotas associados a diferentes arquiteturas de cultivares de soja no controle da ferrugem**. 2011. 93f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, 2011.

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

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**, v. 52, p. 447-457, 2012.

JULIATTI, F. C.; NASCIMENTO, C.; REZENDE, A. A. Avaliação de diferentes pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura do milho. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 36, n. 3, p. 216-221, 2010.

LAW, S. E. Electrostatically charged sprays. In: Matthews, G. A. **Pesticide application methods**. 4. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2014. p. 545.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432p.

PRADO, E. P. Papel da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas na redução da contaminação ambiental. **Revista Agronomia Brasileira**, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, v. 1, 2017.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 329-334, 2003.

ROMÁN, R. A. A.; CORTEZ, J. W.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, J. R. G. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.3, p.223-232, May/June 2009.

SANTOS-JÚNIOR, J. L. C.; SANTOS, N. C. B.; CAÇÃO, J. E. C. R.; DONDE, S. C.; PRADO, E.P. Desempenho de diferentes volumes de aplicação na deposição em feijão. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP DE DRACENA, [S.I.], 2015, Dracena. **Anais...** Dracena: UNESP, 2015.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDER, H. C.; MONTEIRO, P. M. B.; RODRIGUES, D. E. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 43, n. 9, p. 1605-1609, 2013.

SCHABATOSKI, E. **Pulverização eletrostática na cultura do trigo (*Triricum aestivum* L.) utilizando água como veículo**. Trabalho de Conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2019.

SCUDELER, F.; FUGIKAWA, L. H.; RAETANO, C. G. Influência do tipo de ponta de pulverização e do volume de aplicação na deposição do traçador cobre na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3, 2004, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2004. p. 179-182.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, London, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SILVA, B. M.; RUAS, R. A. A.; SICHOCKI, D.; DEZORD, L. R.; CAIXETA, L. F. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). **Engenharia na agricultura**, viçosa, v. 22 n. 1, p. 17-24, 2014.

VILLALBA, J.; HETZ, E. Deriva de productos agroquímicos - Efecto de las condiciones ambientales. **Tecnología de Aplicación de Agroquímicos**, Cap.3, p.45-54, 2010.

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.

CAPÍTULO 2

UTILIZAÇÃO DE TAXAS, PONTAS HIDRÁULICAS E ELETROSTÁTICA NA QUALIDADE DA APLICAÇÃO PULVERIZADA NA CULTURA DA SOJA

RESUMO

Durante o ciclo de produção agrícola, o pulverizador é o implemento mais utilizado. Diante da crescente demanda por soja, é constante a busca por tecnologias que garantam a produtividade do grão. Entre elas a aplicação de produtos fitossanitários se destaca. Portanto, é fundamental o domínio dessa prática, pois cada erro representa uma perda significativa no processo produtivo. Nesse sentido, objetivou-se com a execução deste trabalho avaliar o volume capturado e as características da aplicação nos diferentes terços de plantas de soja com variações de pontas hidráulicas e volumes de pulverização, bem como o emprego da eletrificação das gotas. Para tanto, foi conduzido um experimento a campo na safra de verão 2018/2019 em área experimental da Universidade de Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (3 x 4), com 4 repetições, em que o primeiro fator foi constituído de 3 variações de pontas de pulverização (leque simples, cone vazio e cone vazio com eletrificação das gotas) e o segundo, por 4 taxas de aplicação (50; 100; 150 e 200 L ha⁻¹). As características da aplicação avaliadas foram o número de gotas por cm⁻², porcentagem de cobertura e diâmetro médio volumétrico (DMV) com emprego de papel hidrossensível e o volume capturado (µL cm⁻²), com a adição de traçador à calda de aplicação e posterior remoção desse das folhas. De acordo com os resultados, para os terços superior e médio, o acréscimo na taxa de aplicação incrementa o volume de calda capturado. Entretanto, para o terço inferior, nenhum dos fatores avaliados influenciaram essa característica. As pontas de pulverização influenciaram a densidade de gotas nos três terços e a cobertura no terço inferior. As crescentes taxas de aplicação influenciaram a densidade de gotas e porcentagem de cobertura nos distintos terços das plantas. Nenhum dos fatores avaliados influenciaram a distribuição da calda na superfície abaxial das folhas.

Palavras-Chave: aplicação de defensivos, eletrificação de gotas, *Glycine max*, bicos de pulverização, volume de aplicação.

CHAPTER 2

USE OF RATE, HYDRAULIC AND ELECTROSTATIC NOZZLE ON THE QUALITY OF SPRAYED APPLICATION IN SOYBEAN CULTURE

ABSTRACT

During the agricultural production cycle, the sprayer is the most used implement. In view of the growing demand for soybeans, there is a constant search for technologies that guarantee grain productivity. Among them, the application of phytosanitary products stands out. Therefore, mastering this practice is fundamental, as each error represents a significant loss in the production process. In this sense, the objective of this work was to evaluate the volume of syrup captured and the application characteristics in the different thirds of bean plants using different hydraulic nozzle and spray volumes, as well as the use of electrification in the drops. For that, an experiment was conducted in the field in the summer harvest 2018/2019 in experimental area of the University of Rio Verde. The experimental design was a randomized block, in a factorial scheme (3 x 4), with 4 replications, in which the first factor consisted of 3 variations of spray nozzle (simple fan, empty cone and empty cone with electrification of drops) and the second, by 4 application rates (50, 100, 150 and 200 L ha⁻¹). The characteristics of the application evaluated were the number of drops per cm², percentage of coverage and average volumetric diameter (DMV) using hydrosensitive paper and the captured volume (μL cm⁻²), with the addition of tracer to the application spray and subsequent removal of the spray from the leaves. According to the results, for the upper thirds, the increase in the application rate increases the captured spray volume, however, for the lower third, none of the factors evaluated influenced this characteristic. The spray tips influenced the drop density in the three thirds and the coverage in the lower third. The increasing rates of application influenced the density of drops and percentage of coverage in the different thirds of the plants. None of the evaluated factors influenced the syrup distribution on the leaf's abaxial surface.

Key words: application of pesticides, droplet electrification, *Glycine max*, spray nozzles, application volume.

1 INTRODUÇÃO

Diante da alta demanda pelo grão de soja, a agricultura precisa de tecnologias que garantam o ganho de produtividade e, a técnica envolvida com a aplicação de produtos fitossanitários, é uma dessas. Visto que a pulverização é o método mais utilizado para isso, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários tem um propósito de muita relevância, pois deve garantir a deposição do produto no alvo desejado, de forma eficiente, e ainda, evitando as perdas para o ambiente (VAN ZYL et al., 2013).

Por outro lado, quando se faz o mau uso da prática há implicações em perdas significativas na deposição de calda fitossanitária. Aplicações com pontas e volumes de calda inadequados podem causar grandes perdas no rendimento da cultura da soja (EMBRAPA, 2004), uma vez que o controle de plantas daninhas, pragas, doenças e até mesmo a fertilização foliar, são comprometidos devido a insuficiente cobertura da aplicação.

A taxa de aplicação ou volume de calda é um dos fatores determinantes para o sucesso da aplicação. O tipo de ponta e a pressão de trabalho são responsáveis por determinar a vazão do sistema e além disso, determinam também, o espectro de gotas, penetração e cobertura no dossel da cultura (SANTOS, 2003).

O volume de pulverização a ser utilizado em uma aplicação, depende do modo de ação do produto fitossanitário, do alvo e o seu estágio de desenvolvimento, das condições climáticas e do equipamento de aplicação. Atualmente, existe a busca em reduzir a taxa de aplicação, na tentativa de otimizar a autonomia do pulverizador e reduzir custos de produção. Entretanto, para que se tenha a cobertura do alvo que garanta a eficácia do produto utilizado, deve-se atentar ainda mais à tecnologia de aplicação, visto as consequências negativas de seu uso inadequado (FARINHA et al., 2009; FERGUSON et al., 2016).

Diante da busca por reduzir a taxa de aplicação sem comprometer a qualidade da operação, existem ferramentas que podem ser utilizadas, destacando-se a eletrostática. Essa técnica consiste em um sistema que carrega eletricamente as gotas. A diferença de potencial elétrico entre a gota e o alvo faz com que aquela seja atraída pela planta. O sistema eletrostático, por sua vez, pode reduzir as perdas por deriva em 50% quando comparado ao tradicional praticado (ZHOU et al., 2012).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo, avaliar o volume de calda capturado e as características da aplicação nos diferentes terços de plantas de soja utilizando diferentes pontas e volumes de pulverização, bem como o emprego da eletrificação nas gotas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado a campo em área experimental da Universidade de Rio Verde - UniRV, na safra 2018/2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 4. Fora avaliados, 3 variações de pontas de pulverização (leque simples (AXI11002), cone vazio (TXA80015) e cone vazio (TXA80015) com eletrificação das gotas), em 4 taxas de aplicação (50; 100; 150 e 200 L ha⁻¹), totalizando 12 tratamentos apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Descrição dos tratamentos empregados para avaliação da qualidade da aplicação

Ponta de pulverização	Pressão (Lib. pol ⁻²)	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Velocidade (km h ⁻¹)
Leque simples	40	50	18,0
Leque simples	40	100	9,0
Leque simples	40	150	6,0
Leque simples	40	200	4,5
Cone vazio	71	50	18,0
Cone vazio	71	100	9,0
Cone vazio	71	150	6,0
Cone vazio	71	200	4,5
Cone vazio com eletrificação	71	50	18,0
Cone vazio com eletrificação	71	100	9,0
Cone vazio com eletrificação	71	150	6,0
Cone vazio com eletrificação	71	200	4,5

A variedade de soja semeada foi a NS7709IPRO, almejando-se uma distribuição final de 19 plantas por metro, em espaçamento de 0,5 m entrelinhas de semeadura. As dimensões das parcelas foram de 6 m de comprimento e 2,5 m de largura, com área útil central de 6 m². O experimento continha um corredor de transição central de 3 metros de largura em toda sua extensão, uma vez que as aplicações foram realizadas via terrestre. Na ocasião das avaliações, as plantas encontravam-se em estágio de desenvolvimento de enchimento de grãos (R5).

As aplicações dos tratamentos foram realizadas no período da manhã entre 8 e 12 horas, e no período da tarde entre 16 e 19:30 horas. Para isso, foi utilizado trator Agrale 5050 (TDA) com pulverizador montado (Jacto Condor AM12/600) com adaptação do sistema eletrostático por indução com eletrificação indireta.

Durante as aplicações, a média das condições climáticas foram: umidade relativa do ar 69,3%; velocidade do vento 5,64 km h⁻¹; temperatura ambiente 28,4 °C, aferidas com o aparelho portátil termo-higro-anemômetro (Kestrel[®] 3000), posicionado em distância vertical de 0,5 metros acima da cultura.

Para a avaliação da qualidade da pulverização, bem como suas características, foram usadas duas metodologias distintas. A primeira teve por objetivo quantificar o volume de calda capturado nos diferentes terços da planta de soja. Constituiu-se da aplicação de calda com água, adjuvante (Amplio LIM, 50 mL 100L⁻¹ de água) e traçador (azul brilhante FDC 1 na concentração de 3 g L⁻¹ de água), realizada a 0,5 m de altura da cultura.

Após cada aplicação, as quais foram realizadas com diferentes velocidades para a obtenção das taxas de aplicação desejadas, coletou-se as amostras de uma folha para cada terço (superior, médio e inferior) em cinco plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente, que foram separadas, acondicionadas e identificadas em sacos plásticos (30 cm x 15 cm). Posteriormente, essas foram encaminhadas ao laboratório, uma vez que cada amostra foi lavada com 50 mL de água destilada, para remoção do corante (traçador) após agitação manual por 30 segundos. Foi realizada a leitura de absorvância da solução obtida após a lavagem de cada amostra por meio de aparelho espectrofotômetro em comprimento de onda 630 nm. Ainda, com calda coletada diretamente do equipamento pulverizador, foi elaborada uma curva de calibração com diferentes concentrações (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 µL) para determinar um padrão de comparação das amostras analisadas.

Segundo Scudeler et al. (2004), os valores de absorvância, quando relacionados a diferentes concentrações do corante Azul Brilhante, permitem o estabelecimento de uma equação de reta linear, nesse caso: $y = -0,0010 + 0,0453x$ ($r^2 = 99,46$), utilizada para indicar a concentração do corante (mg L⁻¹) capturado pelo alvo durante a aplicação. Ao correlacionar a concentração do corante, na solução de lavagem das amostras, com a obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo por meio da seguinte equação: $V_i = (C_f \times V_f) / C_i$, em que: V_i = volume capturado pelo alvo (mL); C_f = concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorvância e transformada para mg L⁻¹; V_f = volume de diluição da amostra (50 mL); C_i = concentração do corante na amostra (3000 mg L⁻¹).

Com a utilização de aparelho scanner de medição a laser: CI-202 Portable Laser Leaf Area Meter, obteve-se a área foliar colhida de cada tratamento. Procedeu-se então, à divisão do volume depositado pela área das folhas, obtendo-se assim, a quantidade de calda em µL cm⁻² em cada estrato foliar, após a aplicação de cada tratamento.

No momento das aplicações, executou-se, concomitantemente, a segunda metodologia, com o objetivo de avaliar a densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm). Nessa, quatro hastes compostas de três suportes basais, contendo papel hidrossensível pré-identificados, foram dispostas aleatoriamente na área útil, centralizada em cada parcela. Passados 30 segundos da aplicação, os papéis hidrossensíveis foram recolhidos e embalados em papel absorvente, separados entre terço superior, médio (adaxial e abaxial) e inferior, para que, posteriormente, fossem digitalizados e avaliados pelo programa Gotas 2.2 (CHAIM et al., 2006), desenvolvido pela Embrapa. O software avaliou a densidade de gotas (cm^{-2}), cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm).

Para a análise estatística, os dados foram testados quanto à normalidade, utilizando o teste de Shapiro-Wilk (1965) e de homogeneidade da variância dos erros, por Bartlett (1937). Os dados de densidade de gotas e porcentagem de cobertura, não apresentaram distribuição normal ou homogeneidade da variância, portanto, foram transformados em raiz de $x+0,5$. Efetuou-se análise de variância para as características avaliadas e quando constatado efeito significativo foi aplicado análise de regressão para as taxas de aplicação e para as pontas de pulverização, o teste Tukey a 5% de probabilidade

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Volume de calda capturado

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 13), para os três terços da planta (superior, médio e inferior), não houve interação significativa entre ponta de pulverização e taxa de aplicação, para a característica volume de calda capturado.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para a característica volume de calda capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos superior, médio e inferior de soja após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		Superior	Médio	Inferior
Bloco	3	0,067281	0,004311	0,000472
Ponta (P)	2	0,052046 ^{ns}	0,001890 ^{ns}	0,002803 ^{ns}
Taxa (T)	3	0,315120 [*]	0,020996 [*]	0,008219 ^{ns}
P x T	6	0,008382 ^{ns}	0,002094 ^{ns}	0,006484 ^{ns}
Erro	33	0,021983	0,003532	0,005692
CV. (%)		29,0	22,9	31,7

^{*}, ^{ns} significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Em relação ao estrato superior, houve diferença significativa apenas para as variações da taxa de aplicação, representada por comportamento linear crescente (Figura 6). O aumento da taxa de aplicação de 50 para 200 L ha⁻¹ proporcionou um acréscimo próximo de 95% no volume de calda capturado. Sendo assim, independentemente da ponta de pulverização utilizada, o acréscimo na taxa de aplicação incrementou o volume capturado de calda nessa posição da planta.

Em estudo realizado por Farinha et al. (2009), trabalhando com aplicações na cultura da soja, foi observado resultado semelhante, uma vez que houve correspondência na redução da deposição da calda no terço superior, com a redução do volume aplicado.

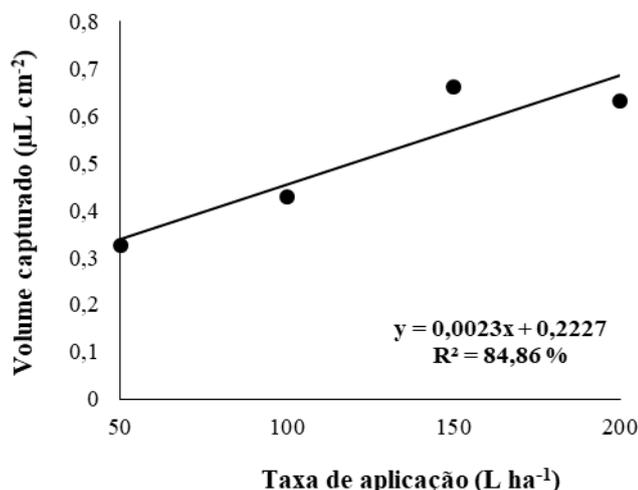


Figura 6. Representação gráfica da regressão para a característica volume capturado de calda em função da variação da taxa de aplicação no terço superior em plantas de soja. Rio Verde, GO.

Em relação ao terço médio das plantas, houve comportamento similar ao descrito para o terço superior, uma vez que, as pontas de pulverização não interferiram, também, no volume de calda capturado nessa posição da planta (Tabela 14). Isso provavelmente pode ter ocorrido devido à dificuldade de penetração, até mesmo das gotas mais finas, na camada formada pelas folhas superiores. Em experimento realizado por Omoto et al. (2017), ao avaliar o volume de calda capturado nos terços médio e inferior de plantas de soja em estágio reprodutivo (R5), não observou diferença significativa dessa característica após aplicação com diferentes pontas de pulverização.

Tabela 14. Valores médios do volume capturado ($\mu\text{L cm}^{-2}$) na superfície adaxial de folhas dos estratos, superior, médio e inferior de soja após aplicação de traçador com variações de taxas e pontas de pulverização

Estrato superior					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	0,2750	0,3859	0,6509	0,6447	0,4891
Cone vazio	0,2601	0,3695	0,6580	0,5902	0,4694
Cone vazio com eletrificação	0,4385	0,5316	0,6738	0,6628	0,5767
Média	0,3245	0,4290	0,6609	0,6326	
Estrato Médio					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	0,1667	0,2337	0,2917	0,3132	0,2513
Cone vazio	0,2255	0,2717	0,2760	0,3140	0,2718
Cone vazio com eletrificação	0,2282	0,2400	0,2670	0,2855	0,2551
Média	0,2068	0,2485	0,2782	0,3042	
Estrato Inferior					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	0,1520	0,2130	0,2837	0,2792	0,2320
Cone vazio	0,2232	0,2867	0,2417	0,2607	0,2531
Cone vazio com eletrificação	0,2305	0,2402	0,1922	0,2520	0,2287
Média	0,2019	0,2466	0,2392	0,2640	

Ainda, para o terço mediano das plantas, independentemente do tipo de ponta utilizado, o aumento da taxa de aplicação de 100 para 200 L ha^{-1} , proporcionou acréscimo de aproximadamente 30% no volume de calda capturado, representado por um comportamento linear crescente (Figura 7).

De acordo com Negrisoli (2018), o volume de calda de 250 L ha^{-1} , foi capaz de promover melhor penetração das gotas do dossel em plantas de soja, incrementando a deposição no terço médio da planta, comparado com volumes inferiores. Sendo assim, é válido ressaltar que apesar dos diversos benefícios da redução da taxa de aplicação, essa decisão quando tomada de forma equivocada, pode prejudicar a qualidade da aplicação visto a menor deposição da calda nas folhas da planta.

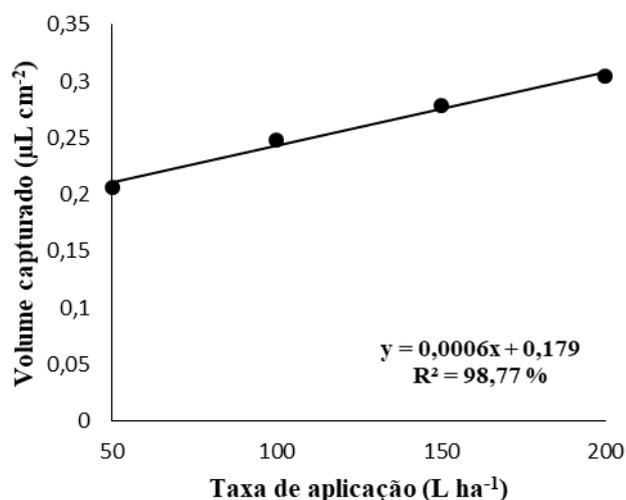


Figura 7. Representação gráfica da regressão para a característica volume capturado de calda em função da variação da taxa de aplicação no terço médio em plantas de soja. Rio Verde, GO.

No terço inferior, não houve efeito das variações de pontas de pulverização, bem como das crescentes taxas de aplicação para a característica avaliada. Neste caso, o uso da eletrostática e o aumento do volume de calda, não foram suficientes para otimizar o alcance das gotas na parte inferior da planta. Isto pode estar novamente atribuído à maior dificuldade de penetração da pulverização no estágio de desenvolvimento com maior índice de área foliar (SOUZA, 2016). Um segundo experimento realizado por Negrisola (2018), em que a pulverização foi realizada no estágio vegetativo V9, foram encontradas diferenças significativas quanto à deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$ foliar) na parte inferior do dossel da cultura para os diferentes volumes de calda.

Entretanto, há relatos de que a relação entre o tipo de ponta de pulverização e o volume aplicado, influenciaram na deposição da calda no terço inferior. Em estudo realizado por Boschini et al. (2008), avaliando a deposição de calda de pulverização em função do volume aplicado e do tipo de bico hidráulico, a melhor combinação é utilizar ponta de jato cônico vazio, com volumes de calda de 200 ou 300 L ha⁻¹.

Características da aplicação

De acordo com os resultados obtidos pela análise de variância, para todas as características avaliadas, não houve interação significativa entre ponta de pulverização e taxa de aplicação (Tabela 15). Todavia, independentemente das taxas, as pontas influenciaram

significativamente as três características. Analisando as crescentes taxas de aplicação, exceto para o DMV, também houve efeito significativo.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato superior de plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	385,24	5,37	541,28
Ponta (P)	2	2253,89 **	18,65 **	2045,89 **
Taxa (T)	3	12657,85 *	462,12 *	448,97 ^{ns}
P x T	6	310,72 ^{ns}	4,63 ^{ns}	1190,34 ^{ns}
Erro	33	490,00	4,98	1730,72
C.V. (%)		20,2	18,5	17,0

** , * , ^{ns} significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

Para a característica densidade de gotas no terço superior (Tabela 16), referente as pontas de pulverização, observa-se que, comparando a ponta cônica vazia com a leque, não houve diferença significativa, demonstrando que, para esta localidade da planta ambas as pontas proporcionam resultado semelhante. Entretanto, quando utilizado o recurso eletrostático associado a ponta cônica vazia, há incremento significativo no número de gotas cm^{-2} , quando comparado ao leque.

Rodrigues et al. (2019), em trabalho realizado com aplicações utilizando eletrostática na cultura do café, concluiu que, os volumes de calda pulverizados com assistência eletrostática apresentaram índices satisfatórios de cobertura e densidade de gotas, visto a redução da endoderiva e exoderiva em até 850% e 323% respectivamente.

Neste trabalho pode-se observar, que o uso da eletrificação das gotas, proporciona números semelhantes mesmo reduzindo a 50 L ha^{-1} na taxa de aplicação utilizada, quando comparada com as demais pontas. Isso demonstra o potencial da tecnologia eletrostática em reduzir perdas, melhorar o aproveitamento das gotas e a possibilidade de redução moderada na taxa de aplicação sem prejudicar a densidade de gotas no terço superior em plantas de soja.

Ainda, referente à variação das pontas de pulverização, houve influência significativa para porcentagem de cobertura, uma vez que a ponta cônica vazia com o uso da eletrostática foi superior quando não utilizado este recurso, entretanto, obteve resultado similar ao tipo leque.

Portanto, devido o terço superior ser um alvo fácil, a utilização da ponta tipo leque se torna mais viável, principalmente pelo menor custo de implantação.

Tabela 16. Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato superior, em plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

Densidade de gotas *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	50,50	79,75	113,25	145,00	97,12 b
Cone vazio	86,75	91,00	123,25	142,75	110,93 ab
Cone vazio com eletrificação	89,75	100,25	140,25	152,75	120,75 a
Média	75,66	90,33	125,58	146,83	
Cobertura *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	4,73	9,09	13,25	21,10	12,04 ab
Cone vazio	4,65	8,82	12,28	18,20	10,99 b
Cone vazio com eletrificação	5,36	12,35	15,07	19,81	13,15 a
Média	4,91	10,09	13,53	19,70	
Diâmetro médio volumétrico *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	252,69	305,30	295,95	301,81	288,94 a
Cone vazio	230,22	213,07	217,26	231,71	223,06 b
Cone vazio com eletrificação	226,02	214,61	221,54	220,18	220,59 b
Média	236,31	244,32	244,92	251,23	

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro médio volumétrico das gotas foi influenciado apenas pela variação nas pontas de pulverização. O DMV das gotas produzidas pela ponta tipo leque foi estatisticamente superior quando comparado aos obtidos pela ponta cônica vazia, com ou sem eletrostática. Isso, provavelmente ocorreu devido à maior pressão utilizada para a ponta de jato cônico vazio. Zambianco (2013), em estudo com aplicações variando pontas e pressão na cultura do tomateiro, relatou que obteve melhoria na cobertura foliar devido ao depósito de gotas mais finas geradas nas maiores pressões utilizadas.

Em relação às crescentes taxas de aplicação, houve comportamento semelhante para as características densidade de gotas (Figura 8A) e cobertura (Figura 8B), uma vez que, o aumento na taxa de aplicação de 50 para 200 L ha^{-1} incrementou ambas as características em 94 e 301%, respectivamente. Este comportamento foi representado por uma reta linear ascendente.

Entretanto, ressalta-se que o aumento exagerado da taxa de aplicação pode ocasionar perdas da calda aplicada devido ao escoamento para o solo. Rodrigues (2019), trabalhando com aplicações na cultura do café, com a assistência eletrostática em função de diferentes volumes de calda, ao avaliar a densidade de gotas constatou que, há incremento no número de gotas por cm^{-2} nas aplicações que não ultrapassaram 266 L ha^{-1} .

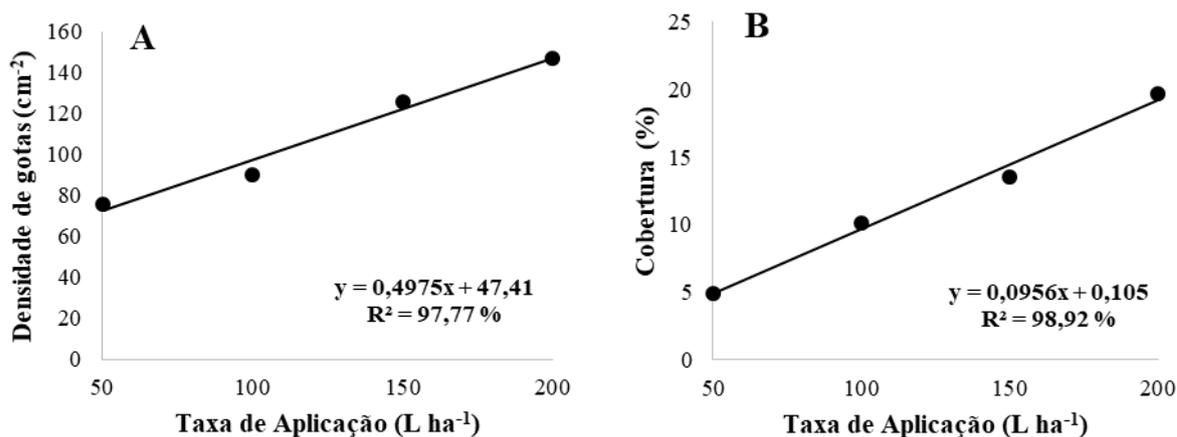


Figura 8. Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A) e porcentagem de cobertura (B) no terço superior de plantas de soja, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

Segundo os resultados da análise de variância, observa-se para o terço médio, independência entre os fatores, uma vez que não houve interação entre as pontas de pulverização e taxas de aplicação, para as características avaliadas no terço médio (Tabela 17). Exceto para porcentagem de cobertura, a variação nas pontas de pulverização influenciou estatisticamente todas as características. Entretanto, a porcentagem de cobertura foi influenciada pelas crescentes taxas de aplicação, bem como a densidade de gotas.

Tabela 17. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio de plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	208,07	1,23	579,09
Ponta (P)	2	705,89 **	4,96 ^{ns}	22256,44 *
Taxa (T)	3	5963,90 *	108,14 *	1055,10 ^{ns}
P x T	6	158,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	424,07 ^{ns}
Erro	33	264,04	3,41	1243,08
C.V. (%)		24,8	32,3	15,7

**, *, ^{ns} significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

Referente a densidade de gotas (Tabela 18), os dois fatores avaliados influenciaram esta característica, destacando-se o comportamento da ponta tipo cone vazio, que foi estatisticamente superior quando comparada com a ponta tipo leque, porém, proporcionando resultado semelhante quando foi utilizado o recurso eletrostático.

Portanto, apesar da ponta tipo leque ser a mais utilizada, visto o terço mediano em plantas de soja em estágio reprodutivo de desenvolvimento, seu uso nem sempre é favorável. Devido à geração de gotas mais grossas, desse tipo de ponta, uma vez que elas foram estatisticamente maiores do que as produzidas pela ponta tipo cone vazio, isso pode dificultar a penetração das gotas no terço mediano. Nesse sentido, o mais viável seria optar pela ponta cônica vazia em aplicações com 200 L ha^{-1} , tendo em vista que, essa taxa de aplicação proporcionou incremento de 136% na densidade de gotas comparando com a menor taxa utilizada (50 L ha^{-1}), comportamento este, representado por uma reta linear ascendente (Figura 9A).

De acordo com Durão (2016), em trabalho realizado com aplicações para controle da ferrugem asiática na cultura da soja, variando pontas de pulverização, relatou que obteve maior controle da doença no dossel médio e inferior da cultura, utilizando pontas que produziram gotas de até $250 \mu\text{m}$ devido a maior facilidade de penetração quando comparadas com gotas mais grossas.

Tabela 18. Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato médio, em plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

Densidade de gotas *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	24,25	55,50	66,50	93,00	59,81 b
Cone vazio	54,00	66,75	70,75	100,00	72,82 a
Cone vazio com eletrificação	41,25	62,00	64,75	89,00	64,25 ab
Média	39,83	61,41	67,33	94,00	
Cobertura					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	2,33	5,34	5,72	9,69	5,77
Cone vazio	3,03	5,17	6,28	10,50	6,24
Cone vazio com eletrificação	2,04	4,34	5,24	8,91	5,13
Média	2,46	4,95	5,75	9,70	
Diâmetro médio volumétrico *					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	259,63	268,81	258,27	279,17	266,47 a
Cone vazio	213,01	210,72	209,89	224,46	214,52 b
Cone vazio com eletrificação	170,13	214,22	192,79	199,41	194,14 b
Média	214,26	231,25	220,31	235,35	

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Mesmo que a ponta tipo cone vazio tenha proporcionado maior número de gotas cm^{-2} , comparada com a leque, essa diferença não foi suficiente para melhorar a porcentagem de cobertura foliar no terço médio, mesmo quando utilizado o recurso eletrostático. Esse comportamento demonstra a dificuldade, até mesmo das gotas mais finas em atravessar a camada foliar formada pelo dossel superior da cultura. Houve influência apenas das crescentes taxas de aplicação, em que o aumento de 50 para 200 L ha^{-1} incrementou essa característica em 294% representado por uma linear crescente (Figura 9 B). Sendo assim, ressalta-se que a decisão de reduzir a taxa de aplicação pode prejudicar a cobertura nessa posição da planta, independentemente da ponta utilizada.

Silva (2014), avaliando a deposição de calda aplicada em plantas de soja, constatou que as pontas que produziam gotas de 100 a 200 μm , apresentaram melhor deposição da calda nos diferentes terços da cultura. Sendo assim, para aumentar as chances de obter cobertura satisfatória no terço mediano das plantas de soja, além da taxa de aplicação, deve-se dar atenção

à ponta de pulverização, optando por aquelas que gerem gotas mais finas, visto a dificuldade de penetração.

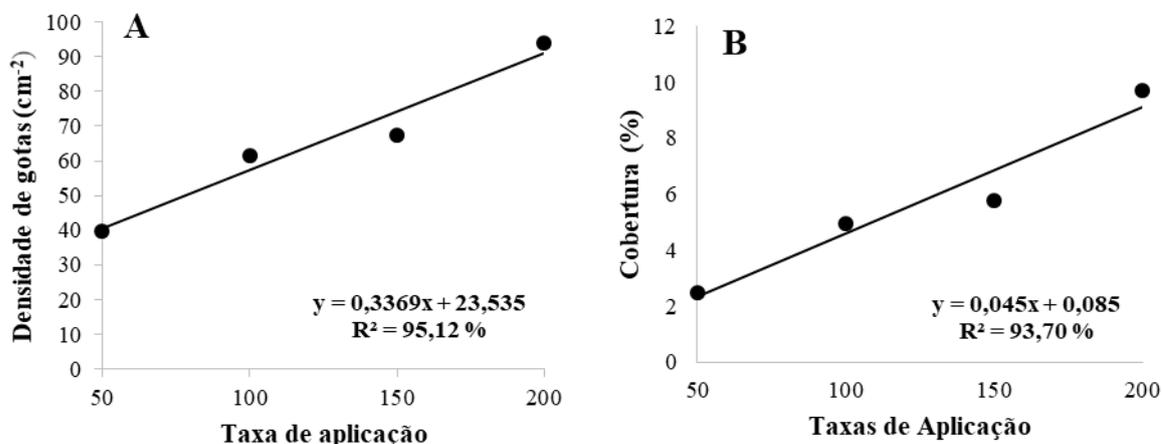


Figura 9. Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A) e porcentagem de cobertura (B) no terço médio de plantas de soja, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

Com os resultados da análise de variância para o estrato inferior (Tabela 19), constata-se independência dos fatores, observando-se que não houve interação significativa entre as pontas de pulverização e taxas de aplicação para nenhuma das características avaliadas. As variações das pontas de pulverização influenciaram estatisticamente as três características: densidade de gotas, porcentagem de cobertura e diâmetro médio volumétrico. Referente às crescentes taxas de aplicação, exceto para o DMV, houve influência significativa para as demais características avaliadas.

Tabela 19. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm⁻², cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (µm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior de plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	132,24	0,62	274,80
Ponta (P)	2	379,00 *	1,71 **	7,48 *
Taxa (T)	3	518,18 *	11,49 *	1312,61 ^{ns}
P x T	6	87,16 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1590,21 ^{ns}
Erro	33	55,75	0,42	847,70
C.V. (%)		23,9	26,7	14,5

** , * , ^{ns} significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

Referente às características densidade de gotas e porcentagem de cobertura no terço inferior (Tabela 20), observa-se resultado divergente dos descritos para os terços superiores, uma vez que o uso da eletrostática nas aplicações não diferiu significativamente da ponta tipo leque simples para ambas as características, destacando-se o desempenho da ponta tipo cone vazio, que por sua vez foi superior quando comparada com a leque.

Isso pode ter ocorrido devido à maior dificuldade de penetração das gotas no terço inferior. Visto que as gotas geradas pela ponta tipo leque foram significativamente maiores que as demais pontas, elas provavelmente ficaram retidas na massa foliar do terço superior, ou escorrido para o solo, não atingindo o terço inferior. O mesmo pode ter acontecido com a ponta cônica vazia com o uso da eletrostática, que mesmo produzindo gotas de tamanho semelhante com as produzidas pela ponta de jato cônico vazio, a eletrificação das gotas pode ter aumentado a dificuldade de penetração devido a interação com as folhas do terço superior.

De acordo com estudo realizado por Cunha et al. (2016), com aplicações variando o tipo de ponta de pulverização, concluiu que, a ponta de jato cônico vazio, que gerou gotas de menor tamanho e mais uniformes, resultou em maior deposição da calda nas folhas inferiores das plantas de soja, em comparação com ponta de mesmo tipo com indução de ar, o que acarretou em gotas maiores e conseqüentemente menor cobertura do terço inferior. Esse comportamento sugere que, para aplicações tardias o uso da eletrostática pode diminuir a distribuição da calda no terço inferior em plantas de soja, visto o número de gotas cm^{-2} e a porcentagem de cobertura, proporcionando resultado semelhante de quando utilizado ponta tipo leque.

Tabela 20. Valores médios para as características densidade de gotas cm^{-2} , cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (μm), na superfície adaxial de folhas do estrato inferior, em plantas de soja, após aplicação com variações de pontas de taxas e pontas de pulverização

Densidade de gotas*					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	14,50	25,00	32,00	38,75	27,56 b
Cone vazio	31,75	34,00	36,75	44,75	36,81 a
Cone vazio com eletrificação	25,50	32,50	24,00	36,25	29,56 b
Médias	23,91	30,50	30,91	39,91	
Cobertura*					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	1,38	1,66	2,26	3,48	2,19 b
Cone vazio	1,91	2,52	2,64	4,22	2,82 a
Cone vazio com eletrificação	1,13	2,82	1,69	3,72	2,34 ab
Médias	1,47	2,33	2,19	3,81	
Diâmetro médio volumétrico*					
Pontas de pulverização	Taxa (L ha^{-1})				Média
	50	100	150	200	
Leque simples	237,68	215,58	204,97	241,64	224,97 a
Cone vazio	202,82	184,81	178,49	204,88	192,75 b
Cone vazio com eletrificação	154,99	171,03	210,22	199,15	183,85 b
Média	198,50	190,47	197,89	215,22	

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Relacionado às crescentes taxas de aplicação, podemos observar que houve resultado semelhante tanto para densidade de gotas (Figura 10A), quanto para porcentagem de cobertura (Figura 10B), uma vez que o aumento na taxa de aplicação de 50 para 200 L ha^{-1} incrementou ambas as características em 69% e 159% respectivamente, sendo assim, ocorre incremento dessas características com o aumento da taxa de aplicação.

Entretanto, Tavares et al. (2017), realizou experimento com aplicações para controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho e concluiu que menores taxas de aplicações não prejudicaram a deposição da calda, não comprometendo a eficácia dos inseticidas. Portanto, o alvo e sua localidade na planta são fatores primordiais na decisão de qual taxa de aplicação utilizar, visto que, o aumento exagerado, bem como a redução equivocada, podem causar prejuízos.

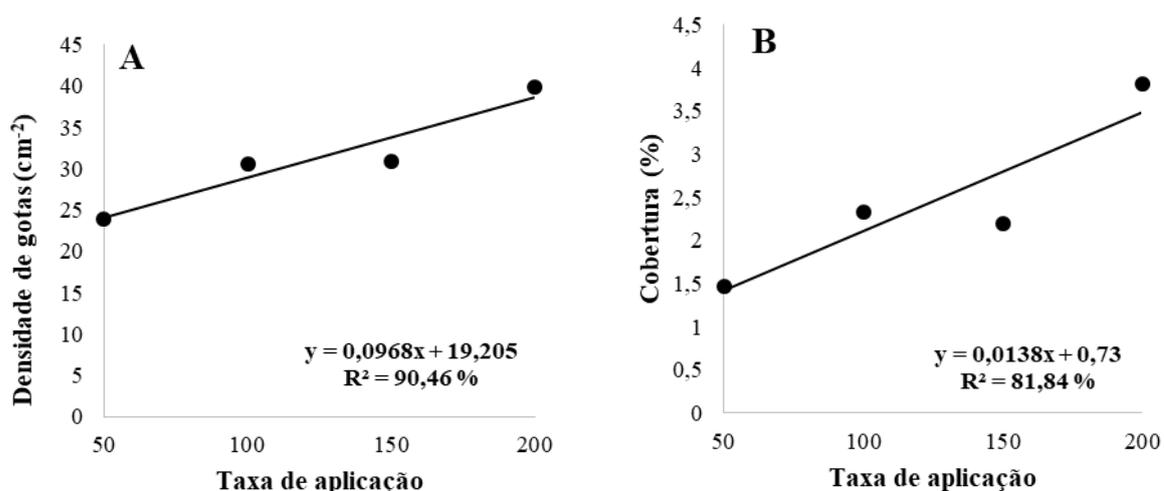


Figura 10. Representação gráfica da regressão para as características densidade de gotas (A) e porcentagem de cobertura (B) no terço inferior de plantas de soja, em função da variação da taxa de aplicação – Rio Verde, GO.

Relacionado à distribuição da calda aplicada na face abaxial das folhas do terço mediano em plantas de soja, observa-se, segundo a análise de variância, que não houve interação entre os fatores (Tabela 21). A variação das pontas de pulverização e as crescentes taxas de aplicação também não influenciaram, de forma independente, nenhuma das características avaliadas. Visto que esta região da folha é um alvo extremamente difícil de ser atingido, apenas o aumento na taxa de aplicação, a utilização de gotas finas bem como a eletrificação das mesmas, não são capazes de promover uma distribuição eficiente da calda nesta localidade em plantas de soja em estágio reprodutivo de desenvolvimento.

Tabela 21. Resumo da análise de variância para as características densidade de gotas cm⁻², cobertura (%) e diâmetro médio volumétrico (µm), na superfície abaxial de folhas do estrato médio em plantas de soja, após aplicação com variações de taxas e pontas de pulverização

FV	GL	Quadrado Médio		
		DG	COB	DMV
Bloco	3	2,18	0,01	17131,67
Ponta (P)	2	0,27 ^{ns}	0,00 ^{ns}	12,60 ^{ns}
Taxa (T)	3	1,74 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2913,37 ^{ns}
P x T	6	0,32 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1232,35 ^{ns}
Erro	33	1,06	0,00	4707,75
C.V. (%)		141,6	150,9	120,5

^{ns}, não significativo pelo teste F. DG, COB, DMV, densidade de gotas, cobertura e diâmetro médio volumétrico, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

Aplicações com pontas tipo leque e cônica com ou sem eletrificação das gotas, proporcionam semelhante volume capturado de calda nos diferentes terços de plantas de soja em estágio R5 de desenvolvimento.

Para o terço superior, aplicações com o uso de eletrostática incrementa a densidade de gotas quando comparado com a ponta leque, porém não se diferem em relação a cobertura.

Relacionado ao terço inferior, a ponta cone vazio proporciona maior número de gotas por cm² e maior cobertura quando comparada com a ponta leque.

O aumento na taxa de aplicação incrementa a porcentagem de cobertura nos distintos terços de plantas de soja, bem como o volume capturado nos terços superior e médio.

REFERÊNCIAS

CHAIM, A.; CAMARGO NETO, J.; PESSOA, M. C. P. Y. **Uso do programa computacional Gotas para avaliação da deposição de pulverização aérea sob diferentes condições climáticas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 18p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).

CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 6, p. 761-768, 2016.

BARTLETT, M. S. **Properties of sufficiency and statistical tests**. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences, London, v. 160, p. 268-282, 1937.

BOSCHINI, L.; ROBINSON, L. C.; JÚNIOR, E. K. M.; GUIMARÃES, V. F. G. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 30, n. 2, p. 171-175, 2008.

DURÃO, C. F. **Desempenho de diferentes modelos de pontas de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Passo Fundo, 2016.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** - Paraná - 2005. Londrina: Embrapa Soja, p. 218, 2004.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de aplicação em cultivares de soja no estágio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.

FERGUSON, J. C.; CHECHETTO, R. G.; HEWITT, A. J.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. T.; KRUGER, G. R.; O'DONNELL, C. C. Assessing the deposition and canopy penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. **Crop Protection**, Guildford, v. 81, n. 1, p. 14-19, 2016.

HARTLEY, H. O. The use of range in analysis of variance. **Biometrika**, London, v. 37, p. 271-280, 1950.

NEGRISOLI, M. M. **Otimização da pulverização e controle de *Phakopsora pachyrizi* na cultura da soja**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Botucatu, p.101, 2018.

OMOTO, P. H.; TOMAZ, R. S.; PRADO, E. P. Quantificação dos depósitos da pulverização em função da técnica de aplicação na cultura da soja. **Fórum Ambiental de Alta Paulista**, v. 13, n. 07, p. 120-134, 2017.

RODRIGUES, J. P.; VITÓRIA, E. L.; SOELO, D. M.; CRAUSE, D. H. Caracterização da pulverização hidropneumática com e sem assistência eletrostática em cafeeiro conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória - ES **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2019.

SANTOS, J. M. F. Aplicação correta: eficiência, produtividade e baixo custo em culturas agrícolas. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 9., 2003, Catanduva. **Anais...** Catanduva: Instituto Biológico, p. 69-113, 2003.

SCUDELER, F.; FUGIKAWA, L. H.; RAETANO, C. G. Influência do tipo de ponta de pulverização e do volume de aplicação na deposição do traçador cobre na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3, 2004, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Unesp, p. 179-182, 2004.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, London, v.52, n.3-4, p.591-611, 1965.

SILVA, B. M.B; RUAS, R. D. A.; SICHOCKI, D.; DEZORDI, L.R.; CAIXETA, L. F. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). **Engenharia na agricultura**, viçosa - mg, v. 22 n. 1, 2014.

SOUZA, D.M. **Arranjo de semeadura da soja sobre o rendimento da cultura e da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista. Botucatu, p. 69, 2016.

TAVARES, R. M.; SILVA, J. E. R.; ALVES, G. S.; ALVES, T. C.; SILVA, S. M.; CUNHA, J. P. A. R. Tecnologia de aplicação de inseticidas no controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 1, p. 30-42, 2017.

VAN ZYL, J. G.; FOURIE, P. H.; SCHUTTE, G. C. Spray deposition assessment and benchmarks for control of *Alternaria* brown spot on mandarin leaves with copper oxychloride. **Crop Protection**, Guildford, v. 46, n. 4. p. 80-87, 2013.

ZAMBIANCO, E. C. **Avaliação da qualidade de pulverização em plantas de tomate utilizando diferentes pontas**. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

ZHOU, Y. et al. Development and application prospects of pneumatic electrostatic sprayer in orchard. **Asian Agricultural Research**, v.4, n.1, p.78-80, 2012.