

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

JOICE PARAGUASSÚ RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO
HIDROPNEUMÁTICA EM CAFEIRO CONILON**

**São Mateus, ES
Fevereiro de 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**CARACTERIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO
HIDROPNEUMÁTICA EM CAFEIEIRO CONILON**

JOICE PARAGUASSÚ RODRIGUES

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Edney Leandro da Vitória

**São Mateus, ES
Fevereiro de 2017**

CARACTERIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO HIDROPNEUMÁTICA EM CAFEIRO CONILON

JOICE PARAGUASSÚ RODRIGUES

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. Robson Bonomo
Universidade Federal do Espírito
Santo

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Edney Leandro da Vitória
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me concedeu o dom da vida e me sustentou até aqui.

Aos meus pais José Wilson e Edineide, que me deram todo apoio necessário durante minha vida, que sempre acreditaram e contribuíram com meus estudos. Me ajudaram de todas as formas possíveis, sem medir esforços.

A todos os meus familiares que sempre me incentivaram e de alguma forma estiveram ao meu lado.

Ao João Antonio Dutra Giles, que sempre esteve ao meu lado, me ajudando em tudo. Agradeço por todo seu amor, paciência e companheirismo.

As minhas amigas e companheiras de mestrado, Evelyn Trevisan e Thaimã Rodrigues, sempre dispostas a me ajudar no que fosse preciso. Obrigada pela amizade e parceria, vocês foram fundamentais nesta etapa da minha vida.

Aos colegas Carla Simon e Yago Soares que me ajudaram em algumas etapas na execução deste trabalho.

Ao Sr. Irineu Vassoler por ceder parte de suas lavouras para criação da área experimental.

Ao meu orientador Edney Leandro da Vitória por acreditar sempre em meu potencial, me auxiliar e dar todas as direções na execução desta dissertação.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em especial o Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A todos que de forma direta ou indiretamente me incentivaram e fizeram parte da minha história.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
CONCLUSÃO.....	12
REFERÊNCIAS.....	13

RESUMO

RODRIGUES, Joice Paraguassú; M. Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2017; **Caracterização da pulverização hidropneumática em cafeeiro conilon**; Orientador: Edney Leandro da Vitória.

No Brasil a cafeicultura é uma importante atividade agrícola, sendo o estado do Espírito Santo o maior produtor nacional de Café Conilon. Um dos grandes desafios enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade das plantas a várias pragas e doenças, por este motivo apresenta diversos desafios para a tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários. O objetivo deste trabalho foi estudar a deposição de calda no cafeeiro conilon, a endoderiva e o potencial de deriva proporcionada pela pulverização com oito volumes de calda (quatro volumes com assistência eletrostática e quatro sem assistência eletrostática) com pulverizador hidropneumático. O trabalho foi conduzido em uma propriedade particular em Montanha-ES, em lavoura de café Conilon no mês de setembro de 2016. O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. Adicionou-se à calda aplicada o traçador Azul Brilhante, na dose de 2 g L^{-1} . Foram coletadas folhas dos terços superior e inferior das plantas, bem como placas de petri posicionadas no solo sob a copa das mesmas e etiquetas de papel contact localizadas acima da copa, das quais foi retirado e quantificado o traçador contido nas amostras por espectrofotometria de absorção de luz. Os quatro volumes de calda utilizados no pulverizador hidropneumático sem a assistência eletrostática (498, 609, 700 e 782 L ha⁻¹) quando comparado aos quatro volumes com assistência eletrostática (234, 255, 273 e 290 L ha⁻¹) apresentaram valores superiores de depósito em todos os parâmetros avaliados, segundo o agrupamento de médias de Scott Knott. A média da deriva para o solo também dos volumes aplicados sem assistência eletrostática foi nove vezes maior quando comparado à média dos demais.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, pulverizador hidropneumático, volume de aplicação, pulverização eletrostática.

ABSTRACT

RODRIGUES, Joice Paraguassú; M. Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; March 2016; **Characterization of hydropneumatic spraying on coffee conilon**; Advisor: Edney Leandro da Vitória.

In Brazil coffee production is an important agricultural activity, with the state of Espírito Santo being the largest national producer of Café Conilon. One of the great challenges faced by coffee growers is the susceptibility of plants to various pests and diseases, which is why it presents several challenges for the technology of application of phytosanitary products. The objective of this work was to study the deposition of the conilon coffee, the endoderiva and the potential of drift provided by the spray with eight volumes of syrup (four volumes with electrostatic assistance and four volumes without electrostatic assistance) with hydropneumatic spray. The work was conducted in a private property in ES-Mountain, in the coffee field of Conilon, in September 2016. The experiment was installed in a randomized block design with eight treatments and four replications. Brilliant Blue tracer was added to the syringe at the dose of 2 g L⁻¹. Leaves were collected from the upper and lower thirds of the plants, as well as petri dishes placed in the soil under the canopy of the same and contact paper labels located above the canopy, from which the tracer contained in the samples was removed by absorption spectrophotometry light. The four volumes of syrup used in the hydropneumatic sprayer without electrostatic spraying (498, 609, 700 and 782 L ha⁻¹), when compared to the four volumes with electrostatic assistance (234, 255, 273 and 290 L ha⁻¹) presented higher values in all parameters evaluated, according to Scott Knott's averages group. The average of the drift to the soil also of the applied volumes without electrostatic assistance was nine times greater when compared to the average of the others.

Key words: *Coffea canephora*, application technology, hydropneumatic spray.

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a cafeicultura é uma importante atividade agrícola e econômica. Cultiva-se basicamente duas espécies, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. No país o parque cafeeiro totaliza 2,22 milhões de hectares com uma produção de 51,37 milhões de sacas beneficiadas em 2016 (CONAB, 2016).

Devido ao clima diversificado e sua grande extensão territorial, o Brasil apresenta uma extensa faixa apta à produção de café, o qual é plantado desde próximo à latitude 0°, no extremo norte do Pará, até a latitude de 25° no Paraná. Essa diversidade leva os produtores à adoção de manejos diferenciados para cada região (FERREIRA et al., 2013).

O Estado do Espírito Santo é destaque nacional na produção cafeeira, sendo o maior produtor de café Conilon do país, com produção de 5,03 milhões de sacas beneficiadas em 2016. Atualmente, o café Conilon ocupa uma área de mais de 260 mil hectares no estado (CONAB, 2016).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (2016) as lavouras de café Conilon no Espírito Santo vêm sendo renovadas e revigoradas na ordem de 7% a 8% ao ano, sobre novas bases tecnológicas, com cultivares clonais mais produtivas, nutrição adequada, poda, irrigação, manejo de pragas e doenças e a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, que, com certeza, poderão contribuir para aumentar de forma significativa a produção e melhoria na qualidade final do produto do café.

O cafeeiro apresenta diversos desafios para a tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários, principalmente no que se refere à penetração da calda no dossel da cultura e à redução da endo e exoderiva (NETO, 2015). A arquitetura da planta e o índice de área foliar dificultam a cobertura das folhas pelo ingrediente ativo. Uma das formas de se obter boa deposição em alvos biológicos é a escolha correta da técnica de pulverização e do volume de calda (CUNHA et al., 2011).

A cultura do café de forma geral apresenta grandes variações em suas lavouras. Essas variações podem ocorrer devido à idade, porte da planta, densidade

de folhas, arquitetura de copa e manejo de podas, o que exige medidas específicas para distribuição de calda de acordo com a necessidade da planta. Observa-se que em lavouras desfolhadas há uma maior facilidade no recobrimento das plantas, contudo podem ocorrer desperdícios, principalmente onde os pulverizadores são calibrados tendo como base os cafés mais enfolhados. Rosell Polo et al., (2009) observaram que, dentre outras razões, desperdícios e perdas de produtos podem ocorrer devido a inadequação do volume aplicado com as características da cultura, destacando os aspectos estruturais da copa.

A distribuição do ingrediente ativo na parte aérea da planta e a deposição dependem de diversos fatores, tais como: tamanho e forma da planta, densidade de plantio, tamanho da gota, volume de aplicação, velocidade de trabalho, velocidade e direção do vento, tipo de equipamento e vazão de ar do ventiladores (RAETANO, 1996), observando-se também os tipos de adjuvantes, densidade de folhas e índice de área foliar.

Quando a tecnologia de aplicação é escolhida de forma mais adequada à realidade a ser trabalhada, Baesso et al., (2014) afirmaram que melhor é a aplicação, menor é o volume de calda necessário para o controle efetivo, menor é a quantidade de produto que atinge outros alvos e assim mais eficaz é o controle. Todos esses fatores contribuem para maior conservação ambiental, além da considerável economia no processo operacional.

Viana et al. (2010), observaram que obtendo-se uma distribuição uniforme com um determinado diâmetro e número de gotas, seria possível obter sucesso em uma aplicação mesmo com volume aplicado menor. Estudos têm sido feitos com o uso de reduzidos volumes de calda em culturas arbóreas, demonstrando ser uma técnica promissora (BALAN et al., 2006; FERNANDES et al., 2010).

O volume de calda deve ser ajustado de forma a permitir um ótimo recobrimento da planta e um mínimo de perdas. No entanto, grande parte dos produtos recomendados para pulverização foliar na cultura do café apresenta este dado em sua recomendação de aplicação de forma imprecisa ou vaga, e não adequada a cada estágio da cultura.

É uma difícil decisão por parte dos produtores o melhor volume de calda a ser definido em uma aplicação, tendo em vista que baixos volumes podem levar a uma cobertura deficiente e em contrapartida, volumes elevados podem onerar a aplicação. De acordo com Silva et al. (2008), existe pouca informação concernente à quantidade e distribuição do volume de calda aplicado para um controle efetivo de pragas na cultura do café.

Um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade da planta de café a várias pragas e doenças, que aparecem desde a fase de viveiro até a lavoura no campo, elevando os custos e reduzindo tanto a produção quanto a qualidade do produto final (CARVALHO et al., 2012).

No modelo agrícola atual, o controle químico tem sido o método mais utilizado entre as táticas de manejo para conter as infestações de pragas e doenças. Porém, o produtor rural é cada vez mais cobrado sobre a correta e criteriosa utilização dos produtos fitossanitários. Contudo, o que se observa no campo é a falta de informação em torno da tecnologia de aplicação, que é de grande importância, pois busca o melhor controle do organismo alvo, aliando menor custo, maior eficiência e menor risco para o trabalhador e o ambiente.

Dentro da tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários, a qualidade da cobertura do alvo está relacionada ao diâmetro de gotas e ao volume de calda, bem como a fatores do clima, como umidade, vento e temperatura, e da planta, como altura, arquitetura e densidade de folhas. Em geral, gotas menores proporcionam melhor cobertura, além de maior capacidade de penetração no dossel da planta, enquanto gotas maiores contribuem para uma aplicação mais segura, com menor risco de deriva. De fato, o tamanho de gota tem sido uma preocupação cada vez mais constante quanto à tecnologia de aplicação, por ser este também um dos principais fatores relacionados com a perda de defensivos para o ambiente.

A pulverização eletrostática também tem se mostrado uma alternativa viável para melhorar a deposição de calda sobre as folhas com o uso de volumes reduzidos, podendo diminuir as perdas por deriva, pois cria uma diferença de potencial elétrico entre a gota e o alvo, fazendo com que as mesmas sejam atraídas pela planta. Alguns estudos têm demonstrado a vantagem do uso do sistema

eletrostático, como o realizado por Sasaki et al. (2013) e Neto (2015), na cultura do café, os quais verificaram que o sistema eletrostático aumentou a deposição de líquido em 37% e 159%, respectivamente. Neto (2015) ainda demonstrou que as perdas para o solo foram reduzidas com o uso do pulverizador eletrostático.

Zheng et al. (2002) afirmaram ainda que a pulverização eletrostática pode melhorar a distribuição e deposição das gotas na planta, com menor contaminação ambiental, volumes reduzidos de calda, menor custo no processo de pulverização e melhor eficácia de controle do tratamento, em comparação com pulverizadores convencionais.

Avaliando a aplicação eletrostática em pimentão, Derksen et al. (2007) obtiveram resultados satisfatórios utilizando volumes de aplicação seis vezes menores do que os utilizados em tratamentos convencionais. Xiongkui et al. (2011), trabalhando em pomares, constataram aumento na deposição com o sistema eletrostático de até 50%, comparado aos sistemas convencionais de pulverização. Laryea & No (2005) verificaram, na cultura da macieira, em que, dependendo das dimensões da planta, a pulverização eletrostática pode proporcionar um aumento na deposição em até 2,51 vezes, comparada à convencional.

No entanto, vale ressaltar a existência de trabalhos realizados com a pulverização eletrostática que não proporcionaram melhoria na aplicação de produtos fitossanitários, como os realizados por Bayer et al. (2011) na cultura do arroz, os quais verificaram menor penetração de gotas no interior da cultura e menores densidades de gotas, comparado a outros sistemas de pulverização. Magno Júnior et al. (2011) avaliaram a pulverização eletrostática em citros e verificaram que a pulverização eletrostática não proporcionou aumento na deposição da calda de aplicação.

Desta forma, objetivou-se avaliar a deposição de calda pulverizada e espectro de gotas no cafeeiro conilon e as perdas proporcionadas com pulverizador hidropneumático, com e sem assistência eletrostática.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, no dia 15 de setembro de 2016, em uma propriedade rural particular no município de Montanha, norte do Estado do Espírito Santo. Situada na latitude 18° 07' 43,6" S e longitude 40° 17' 13,8" O, a 180 metros de altitude. O clima segundo a classificação proposta por Köppen (ALVARES et al., 2013) é do tipo Aw, com estações bem definidas, inverno seco e verão quente e chuvoso.

A área experimental foi implantada em uma lavoura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) a pleno sol com aproximadamente 2,5 anos de idade, com irrigação localizada. A lavoura apresenta altura média de 2,0 m e espaçamento de 3,50 x 1,0 m, totalizando um estande de 2857 plantas ha⁻¹.

Utilizou-se nos tratamentos dois pulverizadores hidropneumáticos, ambos modelo Jacto Arbus 2000 TF com depósito com capacidade de 2000L. O pulverizador utilizado sem assistência eletrostática possui 16 bicos montados em dois arcos curvos nas laterais, condução de ar comum a todos os bicos, bomba de pistões de 75 L min⁻¹, ventilador axial com diâmetro de 725 mm e vazão de ar de 5,1 m³ s⁻¹, conforme especificações do fabricante. O bico utilizado em todos os porta bicos foi o J4-2 cone vazio da Jacto. Para acionar o pulverizador, empregou-se um trator YANMAR Modelo 1155-4 SE, com potência de 40,5 kW (55cv).

O segundo pulverizador, equipado com assistência eletrostática em todas as pontas, possui 14 bicos montados em dois arcos curvos nas laterais, condução de ar comum a todos os bicos, bomba de pistões de 75 L min⁻¹, ventilador axial com diâmetro de 725 mm e vazão de ar de 5,1 m³ s⁻¹, conforme especificações do fabricante. O bico utilizado em todos os porta bicos foi o SPE-2 Cinza Jato cônico vazio do Sistema de pulverização Eletrostático (SPE). O sistema produz campo elétrico de alta voltagem (5000 V) na base do jato de pulverização produzido por pontas de jato cônico vazio, carregando eletricamente as gotas. A carga gerada é devido ao campo elétrico produzido por anéis de indução ligados a um gerador de alta voltagem. O trator utilizado para acionar este pulverizador foi um JOHN DEERE Modelo 5425N 4 x 2 TDA, com potência de 57,5 kW (78 cv) (Figura 1).



Figura 1. Pulverizador marca Jacto, modelo Arbus 2000 TF, acoplado a um trator JOHN DEERE 5425N, aplicando calda contendo traçador + água em lavoura de café conilon.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos encontram-se detalhados na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos.

Volume de Calda (L ha ⁻¹)	Pulverizador Hidropneumático	Ponta	Pressão de Pulverização (kPa)
234	Com assistência eletrostática	Jato Cônico vazio (SPE 2 - Cinza)	500
255	Com assistência eletrostática	Jato Cônico vazio (SPE 2 - Cinza)	600
273	Com assistência eletrostática	Jato Cônico vazio (SPE 2 - Cinza)	700
290	Com assistência eletrostática	Jato Cônico vazio (SPE 2 - Cinza)	800
498	Sem assistência eletrostática	Jato cônico vazio (J4-2)	700
609	Sem assistência eletrostática	Jato cônico vazio (J4-2)	1050
700	Sem assistência eletrostática	Jato cônico vazio (J4-2)	1400
782	Sem assistência eletrostática	Jato cônico vazio (J4-2)	1750

Após a passagem dos pulverizadores pela área foram avaliadas a deposição de calda na parte superior e inferior da copa das plantas, a exoderiva e as perdas para o solo. O ensaio foi conduzido no mês de setembro de 2016, após a realização da colheita do café, feita normalmente de março a agosto. Trata-se de um período no qual é comum a realização de tratamentos fitossanitários.

Para se conhecer a velocidade do trator na marcha escolhida, mediu-se 50m no chão com uma fita métrica e cronometrou-se o tempo gasto pelo trator pra percorrer essa distância. Depois de marcado o tempo de deslocamento, prosseguiu-se com a divisão da distância percorrida (50 m) pelo tempo gasto (31 segundos) multiplicando-se então o resultado obtido por 3,6 para que se tivesse a velocidade em km h^{-1} .

A partir dessa velocidade e do volume de pulverização desejado, ajustou-se a pressão necessária para a obtenção da vazão adequada a cada tratamento. Dados de pressão foram obtidos nas tabelas dos fabricantes das pontas de pulverização, relacionando a vazão por ponta com a pressão correspondente no manômetro do pulverizador.

Utilizou-se Termo-anemômetro digital modelo TAD-500 da Instrutherm e um Termo-higrômetro digital modelo T 512 Thermo para monitorar as condições ambientais. Mediu-se a velocidade do vento, assim como a temperatura e a umidade relativa do ar durante a aplicação em cada bloco.

Preparo da Calda

Para avaliação da deposição de calda no dossel do cafeeiro e perdas para o solo e exoderiva, foi utilizado um traçador composto do corante alimentício azul, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1 (Azul brilhante), na dose de 2 g L^{-1} , para ser detectado por absorbância em espectrofotometria. O corante foi previamente pesado em laboratório e acondicionado em sacos plásticos identificados, para que a dose em toda área experimental fosse mantida.

Deposição

Foram determinadas as deposições de calda nos seguintes pontos: em folhas da metade superior da copa, em folhas da metade inferior da copa, escorrimento da calda da planta para o solo (endoderiva) e exoderiva.

A deposição na copa das plantas foi avaliada após a passagem do pulverizador, onde foram duas folhas da metade superior da planta e duas da metade inferior. As folhas foram retiradas do terceiro e quarto pares de folhas do ramo plagiotrópico. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, separadamente para cada extrato da planta.

Para quantificação das perdas de calda para o solo, foram colocadas placas de petri com 176,7 cm² cada, sob a copa das plantas de café da parcela útil, dentro da área de projeção, a 0,2 m do caule, sendo uma placa de petri para cada sub-amostra. As placas ficaram na linha do lado esquerdo (em relação à passagem do trator). Após a passagem do pulverizador, as placas foram recolhidas do solo e acondicionadas em sacos plásticos.

Para avaliação da exoderiva, foram colocadas etiquetas plásticas adesivas, com 64 cm² cada, em estacas que estavam fixadas junto ao caule da planta. As etiquetas ficaram 0,3 m acima da altura da planta. Após a passagem do pulverizador as etiquetas foram recolhidas e acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente foram levadas com os demais materiais coletados ao Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água (LAGRO) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES/UFES), para análise da deposição do traçador (corante) através de espectrofotometria de UV visível.

Em laboratório, adicionou-se 50 mL de água destilada a cada saco plástico, que continha as folhas, placas de petri e etiquetas plásticas adesivas e promoveu-se agitação por 30 segundos no próprio saco para remoção do traçador. O líquido resultante da lavagem, foi acondicionado em tubos de ensaio sendo um para cada saco plástico. Posteriormente efetuou-se a leitura de absorvância dessas soluções em um espectrofotômetro da marca Thermo Electron Corporation, modelo Genesys 10 UV, regulado para medir a absorvância num comprimento de onda de 630 nm. Para tanto, retirou-se do líquido contido nos tubos de ensaio uma alíquota de 4 mL, quantidade esta que foi colocada em uma cubeta de vidro, na qual se realizou a leitura no espectrofotômetro.

A área das folhas foi medida posteriormente com um medidor de área foliar Li-Cor L1-3100. As folhas foram medidas individualmente, sendo feito uma média das duas folhas que representaram a metade inferior e superior da copa de cada planta da parcela útil.

Os valores de absorvância obtidos através da leitura de cada amostra no espectrofotômetro foram transformados em concentração (mg L^{-1}) adotando-se a equação da curva-padrão estabelecida pelas diluições (1/100, 1/200, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10000) da amostra da calda coletada no tanque do pulverizador, após a aplicação (Figura 2). De posse da concentração inicial da calda (2000 mg L^{-1}) e do volume de diluição das amostras (50 mL), determinou-se a massa de corante retida no alvo. Procedeu-se, então, a divisão do depósito total pela área de remoção, obtendo-se, assim, a quantidade em $\mu\text{g cm}^{-2}$.

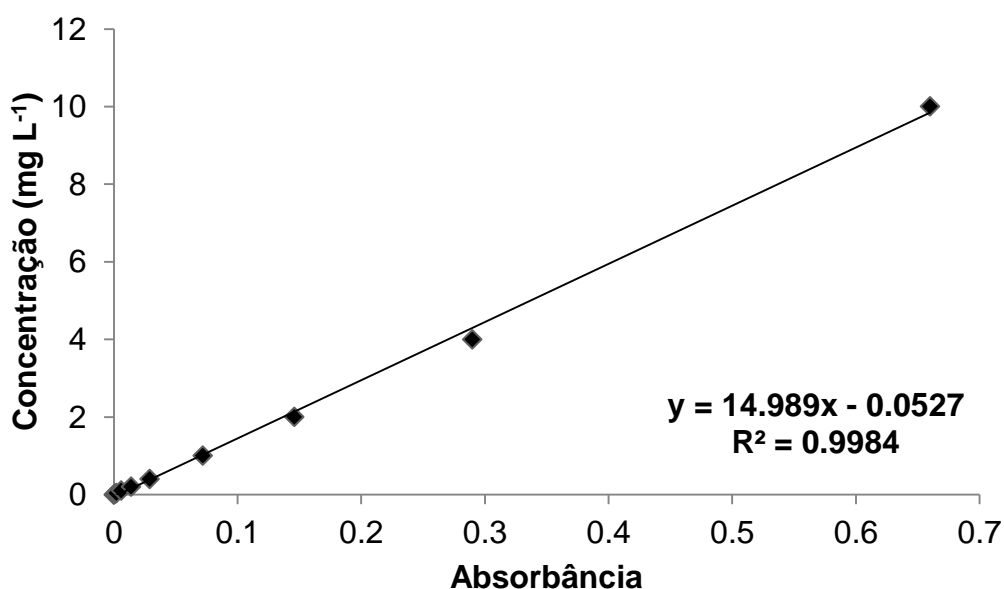


Figura 2. Curva de calibração do corante Azul Brilhante em solução aquosa, empregada na determinação da concentração do corante Azul Brilhante retido nas folhas do café, placas de petri e etiquetas plásticas adesivas.

Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância e quando observadas diferenças estatísticas, foram submetidos às análises de regressão e ao teste de comparação de médias, utilizando-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2013).

Espectro de gotas

Para o estudo do espectro de gotas foram utilizadas etiquetas de papel hidrossensível, que ficaram posicionadas nos terços inferior, médio e superior da planta. As etiquetas foram previamente fixadas antes da passagem do pulverizador em uma estaca que estava posicionada junto ao caule da planta. Após a passagem do pulverizador as etiquetas foram recolhidas e acondicionadas em sacos de papel.

Todas as etiquetas foram digitalizadas a 600 dpi de resolução em uma impressora multifuncional “HP Photosmart D110 Series” e submetidas às análises de cobertura, espectro e densidade de gotas pelo software ImageTool versão 3® (WILCOX et al., 2002), obtendo-se os seguintes parâmetros para avaliação da técnica de aplicação:

Diâmetro da mediana volumétrica (DMV ou $D_{v0,5}$): diâmetro de gota tal que 50 % do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, sendo expresso em micrômetro (μm);

Amplitude relativa (AR): coeficiente que determina a homogeneidade de uma população de gotas, dado pela equação $AR = (D_{v0,9} - D_{v0,1}) / D_{v0,5}$. Este valor é adimensional e tende a zero quando o espectro de gotas for homogêneo;

Densidade de gotas (DEN): refere-se ao número de impactos da pulverização por unidade de área, expresso em gotas cm^{-2} , obtido em função do diâmetro de gotas (μm) e do volume de pulverização (L/ha) e;

Cobertura (COB): corresponde à parte da superfície do alvo coberta pela calda pulverizada, sendo expressa em porcentagem (%).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 2. Condições climáticas durante a realização do experimento.

Bloco	Horário	Velocidade do Vento (m s ⁻¹)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
1	10:00	3,0	32,9	52
2	11:30	2,8	37,9	34
3	13:30	1,0	38,6	36
4	16:30	0,7	33,7	47

Embora sabidamente sejam condições inadequadas para pulverização, estas são as condições nas quais geralmente se realiza o controle químico de pragas e doenças na região (Norte do Espírito Santo).

Silva (2013) também encontrou condições consideradas inadequadas para aplicação, porém que se assemelhavam as condições utilizadas em sua região de estudo (Cerrado Mineiro).

Na quantificação do corante marcador das amostras diluídas, na determinação do depósito, foi estabelecida a seguinte equação, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9984$ para todos os tratamentos (Figura 2):

em que,

x - leitura da densidade óptica (absorbância), e

y - concentração em mg L⁻¹, pois a concentração de corante foi igual em todos tratamentos.

Pelo valor do coeficiente de determinação R^2 , verifica-se que a equação explica com precisão os valores da concentração em mg L⁻¹ das soluções em função da absorbância lidos no espectrofotômetro, dado que 99% da variação do volume depositado pode ser explicado pela concentração.

Valores similares do coeficiente de determinação R^2 foram encontrados por Bócoli et al. (2012) estudando a quantificação de depósitos do pulverizador tipo canhão em lavouras de café e superiores aos observados por RAMOS et al. (2007) avaliando as características da pulverização em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador em citros.

Tabela 3. Valores médios de deposição de calda em folhas ($\mu\text{L cm}^{-2}$).

Volume de Calda (L ha ⁻¹)	Deposição em folhas ($\mu\text{L cm}^{-2}$)	
	Terço Superior	Terço Inferior
234	0.178 b	0.233 b
255	0.217 b	0.290 b
273	0.185 b	0.266 b
290	0.173 b	0.282 b
498	0.441 a	0.509 a
609	0.501 a	0.431 a
700	0.369 a	0.474 a
782	0.403 a	0.399 a
Média Geral	0.308	0.360
CV (%)	36.42	21.61

Neto (2015) estudando deposição em folhas do terço superior de cafeeiro Arábica obteve com o volume de calda de 130 L ha⁻¹ com pulverizador 'mãozinha' com a assistência eletrostática o depósito de 0,477 $\mu\text{L cm}^{-2}$.

As folhas superiores representam os alvos mais distantes do ponto de lançamento das gotas após a sua geração pelas pontas de pulverização. Assim percebe-se que nenhum dos 4 volumes de calda utilizados (com e sem a assistência eletrostática) sobressaiu-se no grupo. Ferreira et al. (2013), ao avaliarem a cobertura de gotas sobre plantas de café evidenciaram a dificuldade de se atingir o terço superior das plantas, corroborando com o presente estudo.

Neto (2015) estudando deposição em folhas do terço mediano de cafeeiro Arábica obteve com o volume de calda de 130 L ha⁻¹ com pulverizador 'mãozinha' com a assistência eletrostática o depósito de 0,597 $\mu\text{L cm}^{-2}$.

Assim como no presente estudo, outros autores verificaram que no terço inferior das culturas arbóreas é mais fácil conseguir boa deposição devido à maior exposição desta parte das plantas aos bicos dos equipamentos. As pontas trabalham mais próximas dessa região da planta em relação à superior, justificando os resultados observados (SCUDELER et al., 2004; RAMOS et al., 2007; FERNANDES et al., 2010; MIRANDA et al., 2012).

É prática comum, em cafeeiros, a realização de tratamentos fitossanitários com volumes de até 800 L ha⁻¹. Contudo, nota-se que existe viabilidade em reduzir estes volumes, tendo em vista que o tratamento (sem assistência eletrostática) de 498 L ha⁻¹ não diferiu estatisticamente do maior volume (782 L ha⁻¹).

Existem poucos estudos de deposição na cultura do café, contudo resultados semelhantes podem ser encontrados em citros. Salyani e Farooq (2003), estudando a cobertura de folhas pela pulverização, não encontraram diferença empregando-se volumes de calda de 250 a 3950 L ha⁻¹.

CONCLUSÕES

A pulverização eletrostática proporcionou menores valores de deposição das perdas (solo e exoderiva) quando comparado a pulverização sem a assistência eletrostática. Contudo, também apresentou valores inferiores na deposição das folhas dos terços superior e inferior.

Outros parâmetros devem ser analisados de forma conjunta na escolha da melhor tecnologia de aplicação a ser empregada.

REFERÊNCIAS

BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 780-785, 2014.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G. Depósito e perdas de calda em sistemas de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 470-477, 2006.

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

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café, Safra 2016, Quarto Levantamento, dezembro/2016**. Brasília, p. 1-77, 2016.

CUNHA, J. P. A. R.; GITIRANA NETO, J.; BUENO, M. R.; Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.). **Interciência**, Caracas, v. 36, n.4, p. 312-316, 2011.

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

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na

cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**. São Paulo, v. 54, n.1, p. 130-135, 2010.

FERREIRA, W. P. M.; FERNANDEZ FILHO, E. I.; RIBEIRO, M. F.; SOUZA, C. F. Influência da radiação solar na cafeicultura de montanha. In: Simpósio de Pesquisas dos cafés do Brasil, 8., 2013, **Anais...** Brasília, 2013. 5p.

LARYEA, G. N.; NO, S Y. Effect of fan speed and electrostatic charge on deposition of orchard canopy sprays. **Atomization and Sprays**, Reading, v. 15, p. 133-144, 2005.

RAETANO, C. G. **Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros**. 1996. 93f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ROSSEL POLO, J. R.; SANZ, R.; LLORENS, J.; ARNÓ, J.; ESCOLA, A.; RIBES-DASI, M.; MASIP, J.; CAMP, F.; GRACIA, F.; SOLANELLES, F.; PALLEJÁ, T.; VAL, L.; PLANAS, S.; GIL, E.; PALACIN, J. A tractor mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. **Biosystem Engineering**, London, v. 102, p. 128-134, 2009.

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

ZHENG, J.; ZHOU, H.; XU, Y. Advances in pesticide electrostatic spraying in China. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 3, n. 2, p. 1-12, 2002.