



ARTIGO ORIGINAL

Parâmetros técnicos da tecnologia de aplicação usados na pulverização hidropneumática em diferentes condições operacionais

Technical parameters of the application technology applied to hydropneumatic spraying in different operating conditions

Renan Zampiroli^{1*} 
Cleyton Batista de Alvarenga¹ 
Paula Cristina Natalino Rinaldi¹ 
Vanessa Andaló¹ 
Jair Rocha do Prado¹ 
Ademar Tavares da Silva Neto¹ 

¹ Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Rod. LMG, 746, s/nº, km 1, 38500-000, Monte Carmelo, MG, Brasil

*Autor Correspondente:
E-mail: renanzampiroli@ufu.br

PALAVRAS-CHAVE

Adjuvante
Pontas de pulverização
Eficiência
Volume de calda

KEYWORD

Adjuvant
Sprayer nozzles
Efficiency
Volume of spray mix

RESUMO: O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e vem enfrentando dificuldades em razão da suscetibilidade da cultura à ocorrência de insetos. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar parâmetros da aplicação utilizando a pulverização hidropneumática com o uso de diferentes volumes de calda e pontas de pulverização, na presença e ausência de adjuvante agrícola. O trabalho foi conduzido em área experimental no município de Monte Carmelo (MG), com a avaliação da eficiência de aplicação hidropneumática com diferentes volumes de calda, 200 L ha⁻¹ e 400 L ha⁻¹, duas pontas de pulverização jato cônico vazio (JA-01 e TVI-800075), presença/ausência de adjuvante agrícola na calda de aplicação, Cloridrato de Cartape na dose de 500 g i.a ha⁻¹, e Cartape + óleo de laranja, na dose de 75 mL 100 L⁻¹ de calda. O uso do óleo de laranja interferiu na aplicação, alterando a densidade de gotas e amplitude relativa. O uso de gotas grossas é uma alternativa viável para a eficiência da aplicação em época de baixa umidade relativa do ar. O maior volume de calda aumentou a porcentagem de cobertura e densidade de gotas no alvo.

ABSTRACT: Brazil is the largest producer and exporter of coffee in the world, and has been facing difficulties due to the cultivar's susceptibility to the occurrence of insects. This study aimed to evaluate the application parameters using the hydro pneumatic sprayer with different volumes of spray mix and sprayer nozzles, in the presence and in the absence of agricultural adjuvants. The work was carried out in an experimental area in the city of Monte Carmelo / MG, with the evaluation of the hydro pneumatic application efficiency with different volumes of spray mix, 200 and 400 L ha⁻¹, two empty cone sprayer nozzles (JA-01 and TVI-800075), presence / absence of agricultural adjuvant in the application spray mix, Cartape Hydrochloride 500 g i.a ha⁻¹, Cartape Hydrochloride (500 g i.a ha⁻¹) + orange oil at a dose of 75 mL 100 L⁻¹ of syrup. The use of orange oil interfered in parameters of droplet size and relative amplitude. The use of coarse droplets is a viable alternative for the application efficiency in low air humidity times. The higher volume of spray mix resulted in an increase in percentage of coverage and size of droplets.

1 Introdução

A cafeicultura brasileira destaca-se por apresentar uma função econômica e social, com sua rápida adaptação ao solo e ao clima brasileiro, o café adquiriu importância no mercado, transformando-se em um dos principais itens de exportação. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e o segundo maior consumidor. A produção estimada para a safra 2019 de *Coffea arabica* está entre 36,11 e 38,16 milhões de sacas de 60 kg, produzidas em cerca de 1,74 milhões de hectares de área cultivada. A produção estimada de Minas Gerais, está entre 26,42 e 27,68 milhões de sacas (arábica e conilon) de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2019).

Porém, a produção cafeeira enfrenta dificuldades, pela suscetibilidade da cultura à ocorrência de patógenos e insetos (Carvalho & Barcellos, 2012). Um dos principais insetos-praga é o bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrotet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) (Costa et al., 2015). Após a eclosão dos ovos sobre a superfície foliar, as larvas penetram na folha por meio da epiderme, alimentando-se do parênquima paliádico, podendo provocar desfolha de até 70% (Scalon et al., 2013).

O uso de novas moléculas e métodos de aplicação, visando a cobertura adequada do alvo, em conjunto com o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é fundamental para o controle do bicho-mineiro. Essa prática ocorre em algumas propriedades, como um modo mais eficaz e economicamente viável de controle (Carvalho & Barcellos, 2012).

O uso de pulverizadores hidropneumáticos é comum nas aplicações de inseticidas na cafeicultura (Sousa Júnior et al., 2017a). É importante ressaltar que a busca pela melhor deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea depende de vários fatores. Como citado por Sasaki et al. (2015), a aplicação de produtos fitossanitários no cafeeiro, em virtude da arquitetura das plantas, tamanho e densidade da copa, enfrenta vários entraves.

Bueno et al. (2013) destacam que o tamanho de gota produzida é determinado pelas diferentes pontas de pulverização, pressão de trabalho e formulação dos produtos utilizados com ou sem a adição de adjuvantes na composição. Na cafeicultura, há muito tempo, têm sido utilizadas as mesmas pontas de jato cônico vazio, para a aplicação de produtos fitossanitários (Gitirana Neto & Cunha, 2016).

Nessa direção, Iost & Raetano (2010) mencionam que a aplicação pode ser melhorada com o uso de adjuvantes específicos. Porém, deve haver uma escolha adequada desses produtos, pois os adjuvantes podem modificar as características físico-químicas da calda de aplicação, principalmente quanto à viscosidade e tensão superficiais (Santinato et al., 2017). Com a busca por novas tecnologias em favor de produtos eficientes e sustentáveis, foram desenvolvidos adjuvantes naturais, com base em óleos derivados da extração do bagaço da laranja (*Citrus* spp. L) (Coradini et al., 2016).

Segundo Viana et al. (2010), é possível uma distribuição uniforme de calda com determinado diâmetro e número de gotas, alcançando sucesso mesmo em aplicações com menor volume aplicado em relação aos convencionais. Porém, há escassez de informações sobre a quantidade e a distribuição da calda aplicada necessárias para um controle satisfatório de pragas e doenças na cafeicultura.

Diante do exposto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os parâmetros de percentagem de cobertura do alvo, densidade de gotas, diâmetro da mediana volumétrica e amplitude relativa, utilizando a pulverização hidropneumática com o uso de diferentes volumes de calda e pontas de pulverização, na presença e ausência de adjuvante agrícola.

2 Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido em área experimental localizada na fazenda Santa Bárbara (coordenadas 18°46'14.81" de latitude Sul e 47°33'5.61" de longitude Oeste) com altitude aproximada de 980 metros em relação ao nível do mar, e nas dependências do Laboratório de Máquinas e Mecanização (Lamm) vinculado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

O talhão era formado pela cultivar Mundo Novo, com cinco anos de idade, com espaçamento de plantio de 3,5 x 0,9 m. O experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x2x2, sendo quatro repetições para cada tratamento. A área total foi de 20.820 m², considerando as bordaduras do experimento. A área total da parcela foi de 157 m², com área útil de 105 m² – esta foi composta por linhas de plantio, com oito linhas úteis, e as linhas laterais foram utilizadas como bordaduras.

A área experimental foi constituída por quatro blocos, distribuídos na linha de cultivo do cafeeiro, distanciados por 34 metros entre si e onde as linhas úteis foram distanciadas por 7 metros entre si. Visando a melhor distribuição dos blocos na área, foram considerados os primeiros 34 metros de cada extremidade da área como bordadura, para se iniciar a demarcação dos blocos. As parcelas experimentais foram constituídas por cinquenta plantas, com as trinta centrais sendo consideradas úteis. Além disso, dez plantas de cada extremidade das parcelas constituíram a bordadura.

Na aplicação hidropneumática, foram utilizados dois volumes de calda (200 L ha⁻¹ e 400 L ha⁻¹); duas pontas de pulverização (marca Jacto, modelos JA-01 e TVI-800075, ambas com ângulo de 80°); presença/ausência de adjuvante agrícola na calda de aplicação (Cloridrato de Cartape na dose de 500 g i.a ha⁻¹, sem o adjuvante, e Cartape + óleo de laranja, na dose de 75 mL 100 L⁻¹ de calda (Tabela 1). Foram avaliados os seguintes parâmetros: densidade de gotas, percentagem de cobertura, diâmetro da mediana volumétrica e amplitude relativa.

A pulverização foi realizada com um pulverizador hidropneumático, marca Jacto, modelo Arbus 2.000 VM, equipado com bomba de pistão JP-150, vazão de 150 L min⁻¹ e ventilador axial de 850 mm. A barra porta bicos desse pulverizador apresentava formato semicircular com ramal de doze bicos em cada lado, totalizando 24.

O pulverizador foi tracionado e acionado por um trator, marca Valtra, modelo 685, com 65 cv (47,78 kW) de potência nominal. A rotação na tomada de potência (TDP) foi de 540 rpm, aferida por um tacômetro foto/contato digital, marca Minipa, modelo MDT2238A.

O manômetro utilizado para controle da pressão de trabalho do sistema de pulverização foi da marca Wika, com fundo de escala de 0 a 3.922,6 kPa, aferido em mesa-padrão, utilizando um gerador de pressão hidráulico, marca Zurich, modelo 800-D.

A mesa-padrão estava equipada com manômetro padrão digital classe A3, marca Zurich, modelo Z.10.B, com precisão de $\pm 0,25\%$, obtendo-se a equação de calibração do manômetro.

A regulagem e calibração do pulverizador para a aplicação dos volumes de calda desejados foi realizada previamente, nas linhas de plantio (Tabela 2).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados

Table 1. Description of the treatments used

Tratamento	Pulverização	Fator A	Fator B	Fator C
		Volume de calda (L ha ⁻¹)	Ponta	Adjuvante
T1	Hidropneumática	200	JA-1	Ausência
T2	Hidropneumática	400	JA-1	Ausência
T3	Hidropneumática	200	TVI 80075	Ausência
T4	Hidropneumática	400	TVI 80075	Ausência
T5	Hidropneumática	200	JA-1	Presença
T6	Hidropneumática	400	JA-1	Presença
T7	Hidropneumática	200	TVI 80075	Presença
T8	Hidropneumática	400	TVI 80075	Presença

Tabela 2. Condições operacionais para cada tratamento

Table 2. Operational conditions for each treatment

Tratamento	Marcha	Velocidade de trabalho (km h ⁻¹)	Vazão (L min ⁻¹)	Pressão de trabalho (kPa)
T1	3ª RED	7,8	0,379	593
T2	2ª RED	3,8	0,369	565
T3	3ª RED	7,8	0,379	593
T4	1ª SIM	5,8	0,564	1.241
T5	3ª RED	7,8	0,379	593
T6	2ª RED	3,8	0,369	565
T7	3ª RED	7,8	0,379	593
T8	1ª SIM	5,8	0,564	1.241

RED = Caixa de marcha reduzida; SIM = Caixa de marcha simples.

A água, oriunda de poço artesiano, e a calda de aplicação tiveram seu pH aferido por um pHmetro portátil, marca Herbicat, modelo DM-2P, no momento da adição da água ao depósito do pulverizador e após a adição do produto fitossanitário e do adjuvante em todos os tratamentos propostos. Não houve necessidade da adição de estabilizador de calda, pois constatou-se que o pH estava em torno de 5,5, considerado adequado para a aplicação do ativo. Ademais, as condições psicrométricas, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, durante todo o experimento, foram monitoradas por estação meteorológica portátil, marca Oregon Scientific, modelo WMR200.

Os parâmetros de aplicação avaliados foram: a percentagem de cobertura; densidade de gotas; diâmetro da mediana volumétrica; e a amplitude relativa. Eles foram mensurados

com auxílio de papéis hidrossensíveis, dimensões 26x76 mm, produzidos pela empresa Syngenta.

Os papéis foram devidamente identificados e, posteriormente, distribuídos no dossel de uma planta em cada parcela, dividindo-a em três alturas (superior, mediana e inferior) e cada parte da planta foi subdividida em quatro posições, denominadas P1, P2, P3 e P4. As posições P1 e P2 ficaram voltadas para a face norte, em que P1 = posição externa do dossel e P2 = posição a 0,4 m em relação à P1. Já as posições P3 e P4 ficaram voltadas para a face sul, em que P4 = parte externa do dossel e P3 = posição a 0,4 m em relação à P4 (Figura 1) (Sasaki et al., 2013). Os pontos de coletas foram codificados como: INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; e SUPIN = superior interno.

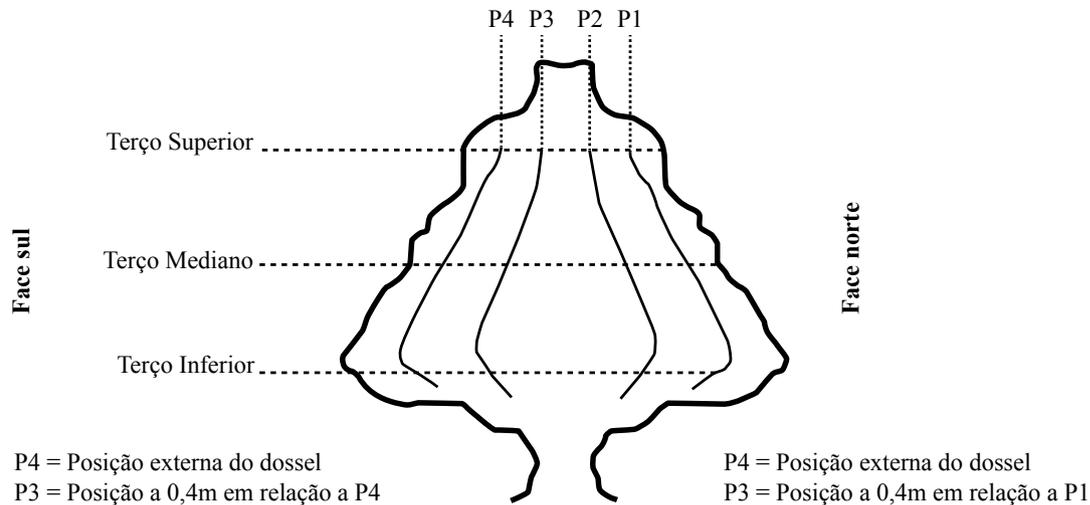


Figura 1. Divisão da planta para distribuição dos papéis hidrossensíveis e amostragem de folhas para análise da deposição da calda. Fonte: Sasaki et al. (2013). Adaptado.

Figure 1. Division of the plant for distribution of the hydrosensitive papers and sampling of leaves for analysis of the deposition of the syrup. Source: Adapted from Sasaki et al. (2013)

Posteriormente à aplicação, os papéis hidrossensíveis foram coletados, acondicionados, individualmente, em recipiente seco, protegido da umidade ambiente, e levados ao laboratório para determinação dos parâmetros de estudo de gotas por meio do equipamento DropScope, comercializado pela empresa X-Factory. Para fins de padronização de nomeação de tamanho de gotas, foi utilizada a norma Asae S572 (Asae, 2000).

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando o teste F ao nível de 5% de significância. Em seguida, foram realizadas as análises de pressuposições. As análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico R (R Core Team, 2019), versão gratuita disponibilizada pelo desenvolvedor. Os dados analisados atenderam aos testes de pressuposições de normalidade dos resíduos, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Anscombe e Tukey, considerando para ambos o nível de significância de 5%.

3 Resultados e Discussão

As médias das condições meteorológicas observadas durante a aplicação dos tratamentos foram: temperatura de 29 °C, umidade relativa do ar de 37% e velocidade do vento de 4,3 km h⁻¹. Embora as condições atmosféricas fossem limitantes, foi feita a pulverização, devido ao alto nível populacional do bicho-mineiro, um dia antes da aplicação na área, com média de 65% de larvas vivas.

Os valores de coeficiente de variação (CV) obtidos nas avaliações de percentagem de cobertura, densidade de gotas, diâmetro da mediana volumétrica e amplitude relativa estão em conformidade com dados obtidos por Nascimento et al., 2018. Esses fatos são agravados, ainda, na cultura do café, pelo uso de pulverizadores hidropneumáticos, em que o fluxo de ar gerado pela turbina do equipamento ocasiona grande movimentação do dossel. Esse fator, associado ao grande volume de área foliar,

pode causar a variabilidade dos resultados, ou seja, aumentar o coeficiente de variação.

Avaliando a percentagem de cobertura gerada pelo uso de diferentes pontas hidráulicas, foi observado que a ponta JA-1, caracterizada pelo fabricante por produção de gotas finas, apresentou menores percentagem de cobertura nos terços inferior e superior na posição interna do ramo (Tabela 3).

Tabela 3. Percentagem de cobertura das gotas no dossel do cafeeiro, Monte Carmelo (MG), 2018

Tabela 3. Percentagem de cobertura das gotas no dossel do cafeeiro, Monte Carmelo (MG), 2018

Ponta	Percentagem de cobertura (%)		
	INFIN	MEDIN	SUPIN
JA-1	5,03 b	15,61 a	3,18 b
TVI-800075	9,21 a	7,38 b	5,32 a
C.V.(%)	69	68	65

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

INFIN = inferior interno; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

Os resultados destacam a uniformidade de cobertura, independentemente da ponta utilizada. Entretanto, a maior cobertura no dossel superior interno indica que a ponta com indução de ar atinge melhor essa posição do dossel. As gotas finas, em função da distância de lançamento até o alvo, são extintas antes de alcançarem o alvo, ou mais susceptíveis à deriva, sendo assim, uma opção ao cafeicultor é colocar pontas com indução de ar nos bicos superiores da barra, visando minimizar a deriva e aumentar a cobertura e a eficiência da aplicação.

Como descrito por Sousa Júnior et al. (2017a), plantas mais jovens apresentam menor diâmetro do dossel, com isso, elas estão situadas a maior distância da saída das pontas de pulverização. Os resultados demonstram a capacidade de

penetração de gotas de maior diâmetro em maiores distâncias, como ocorreu com a ponta TVI-800075. Em contrapartida, as gotas de menor diâmetro apresentam elevada capacidade de penetração no dossel de planta, como demonstrado no terço mediano em profundidade interna, posição de maior densidade foliar e proximidade, em relação à copa da planta, do local de lançamento das gotas no pulverizador, o que facilita a cobertura em menores distâncias.

A percentagem de cobertura de gotas produzidas pelo uso de volume de calda de 400 L ha⁻¹ mostrou-se superior ao volume de 200 L ha⁻¹ (Tabela 4).

Tabela 4. Percentagem de cobertura das gotas no dossel do cafeeiro em função do volume de calda, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 4. Percentage coverage of the drops in the coffee canopy as a function of the volume of the syrup, Monte Carmelo (MG), 2018

Volume de calda	Percentagem de cobertura (%)			
	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
200	20 b	6 b	12 b	3 b
400	28 a	17 a	23 a	5 a
C.V.(%)	41	68	58	65

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Os valores de percentagem de cobertura diferem dos encontrados por Santinato et al. (2017), que testaram os volumes de 300 L ha⁻¹ e 500 L ha⁻¹ e, não observaram diferença para percentagem de cobertura com diferentes pontas na presença de adjuvante. Observa-se que, nas profundidades internas do ramo, ocorre redução da percentagem de cobertura, o que se explica pela dificuldade de penetração das gotas e pelo efeito da umidade relativa, agravada pelo grande volume foliar presente em cafeeiro (Sousa Júnior et al., 2017b).

As maiores densidades de gotas ocorreram com o uso da ponta JA-1, diferindo da ponta TVI-800075, independentemente da composição de calda. Quando o adjuvante foi empregado, houve incremento na densidade de gotas, com uso da ponta JA-1 (Tabela 5).

Tabela 5. Densidade de gotas produzida por diferentes pontas hidráulicas e composição de calda no terço inferior na profundidade externa do ramo, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 5. Density of droplets produced by different hydraulic tips and composition of syrup in the lower third in the external depth of the branch, Monte Carmelo (MG), 2018

Ponta	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)	
	Adjuvante	
	Ausência	Presença
JA-1	273 aB	370 aA
TVI-800075	122 bA	86 bB
C.V.(%)	42	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

As gotas produzidas pela ponta com indução de ar resultaram em densidade menor de gotas, em comparação com pontas que se caracterizam pela produção de gotas finas, por exemplo, a JA-1. Como citado por Matthews et al. (2016), quanto menor o diâmetro de gotas pulverizadas em um mesmo volume de calda, maior será a densidade de gotas, o que, por consequência, expande a superfície de contato da calda no alvo, aumentando a cobertura.

A redução da densidade de gotas com o uso de adjuvante vegetal e ponta TVI-800075 pode ser explicada pela coalescência de gotas promovida pela ação difusora do adjuvante. Maciel et al. (2011) constataram que a adição de adjuvante à calda de aplicação, com uso de ponta com indução de ar, reduziu a densidade de gotas. Efeito contrário pode ser notado quando avaliada a ponta JA-1, que com a adição do adjuvante, elevou a densidade de gotas.

A quebra da tensão superficial, no momento da pulverização, pode resultar em um aumento da quantidade de gotas. Resultados diferentes foram encontrados por Santinato et al. (2017), com a avaliação de diferentes volumes de calda, presença e ausência de adjuvantes e pontas de pulverização, no controle da Phoma no cafeeiro, utilizando a JA-2; na presença e ausência de adjuvante.

Quanto à densidade de gotas produzida pelo uso de diferentes pontas de pulverização, observou-se que, independentemente do terço da planta e da profundidade de ramos, a JA-1 apresentou as maiores médias (Tabela 6).

Tabela 6. Densidade de gotas no terço mediano e superior do cafeeiro nas profundidades externa e interna do ramo com o uso de diferentes pontas, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 6. Density of drops in the middle and upper third of the coffee tree at the external and internal depths of the branch with the use of different tips, Monte Carmelo (MG), 2018

Ponta	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)			
	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
JA-1	530 a	335 a	431 a	108 a
TVI-800075	199 b	86 b	137 b	56 b
C.V.(%)	29	52	39	71

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Os resultados de densidade de gotas encontrados são consolidados por Matthews, et al. (2016), que destacam, em aplicações com gotas grossas, a redução da densidade de gotas. Com a ponta TVI-800075, ocorreu redução significativa da densidade de gotas, em comparação com a ponta JA-1. Gabriel & Baio (2013) ressaltam que gotas finas são mais sensíveis à evaporação e aos processos de deriva, porém têm melhor capacidade de cobertura e propiciam maior capacidade de penetração.

Quanto às densidades de gotas produzidas pelo uso de diferentes volumes de calda, é possível observar que no volume de 400 L ha⁻¹ foi maior, para os terços inferior, mediano e superior, na profundidade interna do ramo (Tabela 7).

Tabela 7. Densidade de gotas no dossel do cafeeiro na posição interna dos ramos, com diferentes volumes de calda, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 7. Density of drops in the coffee canopy in the internal position of the branches, with different volumes of syrup, Monte Carmelo (MG), 2018

Volume de calda (L ha ⁻¹)	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)		
	INFIN	MEDIN	SUPIN
200	96 b	141 b	56 b
400	199 a	281 a	108 a
C.V(%)	63	52	71

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

INFIN = inferior interno; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

As maiores densidades de gotas ocorreram com o maior volume de calda, o que não foi constatado por Santinato et al. (2017). No terço mediano, as maiores densidades de gotas obtidas podem ser explicadas em razão da sua proximidade com as pontas e da distribuição do volume de ar gerado pela turbina do pulverizador, responsável por promover a movimentação dos ramos. Ainda que a densidade seja maior no volume de 400 L ha⁻¹, a população de gotas obtida no volume de 200 L ha⁻¹ é suficiente para que haja bons resultados de controle, como demonstrado por Barthelemy et al. (1990).

Para as posições inferiores, nas profundidades externa e interna do ramo, e mediana e superior, na profundidade interna do ramo, o uso de diferentes pontas de pulverização e volume de calda causou efeito significativo no diâmetro da mediana volumétrica. A ponta TVI-800075 apresentou maiores médias, diferindo da ponta JA-1, independentemente do volume de calda (Tabela 8).

As médias de diâmetro de gotas foram superiores a 100 µm, representando uma aplicação realizada com segurança ambiental, pois o risco de deriva é menor quando se pulveriza com gotas acima desse valor. França et al. (2018), avaliando pontas com indução de ar, em diferentes condições de pressão de trabalho, observaram diferença no diâmetro da mediana volumétrica quando a pressão de trabalho das pontas foi aumentada; quanto maior a pressão empregada, menor o diâmetro observado. O mesmo foi constatado no volume de calda de 400 L ha⁻¹, pois foi necessária a elevação da pressão de trabalho da ponta TVI-800075, dentro da faixa de operação recomendada pelo fabricante (155-517 kPa), ocorrendo redução do diâmetro de gotas.

A utilização de diferentes pontas de pulverização promoveu diferença para o diâmetro da mediana volumétrica nos terços mediano e superior, na profundidade externa do ramo. Independentemente da posição, a ponta TVI-800075 produziu os maiores diâmetros, com aproximadamente o dobro do valor apresentado pela ponta JA-1 (Tabela 9).

Antuniassi & Boller (2011) citam que o tamanho ideal da gota deve ser pequeno o suficiente para garantir cobertura satisfatória do alvo e grande o bastante para menores perdas, por deriva e evaporação. Na posição do terço mediano, foram obtidas médias superiores às vistas do terço superior, o que

se explica pela proximidade da saída de ar e pontas com o dossel da planta, garantindo menor tempo de contato da gota com o ambiente e reduzindo possíveis efeitos de evaporação.

Independentemente da ausência ou presença do adjuvante, a ponta TVI-800075 apresentou as maiores médias de amplitude relativa na posição superior externa, destacando-se com a adição do adjuvante em mistura de calda. Isso promoveu uma diferença em comparação com o uso apenas do inseticida em calda (Tabela 10).

Tabela 8. Diâmetro da mediana volumétrica nos terços da planta e profundidade de ramo, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 8. Diameter of the volumetric median in the plant thirds and branch depth, Monte Carmelo (MG), 2018

Ponta	Diâmetro da mediana volumétrica (µm)	
	Volume de calda (L ha ⁻¹)	
	200	400
	INFEX	
JA-1	179 bA	175 bA
TVI-800075	515 aA	355 aB
C.V(%)	18	
	INFIN	
JA-1	146 bA	155 bA
TVI-800075	466 aA	343 aB
C.V(%)	27	
	MEDIN	
JA-1	163 bA	214 bA
TVI-800075	442 aA	349 aB
C.V(%)	22	
	SUPIN	
JA-1	143 bA	155 bA
TVI-800075	438 aA	337 aB
C.V(%)	26	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

Tabela 9. Diâmetro da mediana volumétrica no dossel mediano e superior externo, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 9. Diameter of the volumetric median in the median and upper external canopy, Monte Carmelo (MG), 2018

Ponta	Diâmetro da mediana volumétrica (µm)	
	MEDEX	SUPEX
JA-1	227 b	204 b
TVI-800075	467 a	416 a
C.V(%)	27	26

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

MEDEX = mediano externo; SUPEX = superior externo.

Tabela 10. Amplitude relativa do espectro de gotas no terço superior externo do ramo, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 10. Relative amplitude of the droplet spectrum in the upper third of the branch, Monte Carmelo (MG), 2018

Ponta	Adjuvante	
	Ausência	Presença
JA-1	1,01 aB	0,94 aA
TVI-800075	1,25 bA	1,38 bB
C.V(%)	10	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

A adição do adjuvante à calda de aplicação, reduziu a amplitude de gotas na ponta JA-1, e aumentou na ponta TVI-800075. Resultados semelhantes foram encontrados por Madureira et al. (2015), demonstrando que a adição de adjuvante de polímero vegetal pode promover redução da amplitude relativa.

Sousa Júnior et al. (2017a) citam que populações de gotas são consideradas homogêneas quando os valores de amplitude relativa se aproximam de zero. Além disso, as médias obtidas de amplitude relativa de gotas avaliadas em diferentes posições no dossel do cafeeiro mostram que a ponta JA-1 resultou em menores valores dessa variável (Tabela 11).

Tabela 11. Amplitude relativa do espectro de gotas no dossel inferior, mediano e superior do cafeeiro, Monte Carmelo (MG), 2018

Table 11. Relative amplitude of the droplet spectrum in the lower, medium and upper canopy of coffee, Monte Carmelo (MG), 2018

Ponta	Posição no dossel				
	INFEX	INFIN	MEDEX	MEDIN	SUPIN
JA-1	0,93 a	0,86 a	1,02 a	0,93 a	0,81 a
TVI-800075	1,30 b	1,25 b	1,30 b	1,19 b	1,19 b
C.V(%)	15	13	14	13	10

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem-se entre si pelo teste F ($p > 0,05$).

INFEX= inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

Ao provocar o impacto das gotas preenchidas internamente com ar sobre o alvo, elas se rompem na superfície (Boller & Raetano, 2011), o que pode ocasionar a geração de gotas de menor diâmetro do que a maioria gerada por essas pontas. Isso deve acarretar um espectro de gotas com maior desuniformidade. Conforme se pode observar, o espectro de gotas produzido pela ponta JA-1 tende a apresentar maior uniformidade.

O uso de pontas com indução de ar dificilmente são utilizadas pelos cafeicultores do cerrado mineiro; entretanto, nas condições psicrométricas de inverno se mostraram uma alternativa viável para a aplicação, pois as gotas grandes se perdem menos por evaporação, fenômeno comum em função das baixas umidades relativas observadas nesta época do ano e, pela deriva ocasionada pelo vento, principalmente no mês de agosto com ventos fortes é possível pulverizar de forma mais segura para o ambiente, operadores e circunvizinhos de áreas produtivas. Novos trabalhos ainda deverão ser conduzidos com o propósito de disseminar este entendimento entre os cafeicultores dessa região.

4 Conclusões

O maior volume de calda ocasionou aumento significativo nos parâmetros de percentagem de cobertura e densidade de gotas em diferentes posições de dossel.

A ponta TVI-800075 se mostrou eficiente na percentagem de cobertura em parte superior do dossel do cafeeiro.

O uso de gotas grossas é uma alternativa viável para a eficiência da aplicação em época de baixa umidade relativa do ar.

O uso de óleo de laranja como adjuvante interferiu nos parâmetros densidade e amplitude de gotas.

Referências

- ANTUNIASI, U. R.; BOLLER, W. *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Botucatu: Fedaf, 2011.
- ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS S572. Spray nozzle classification by droplet spectra. In: ASAE. *Asae Standards*. Madison: Asae, 2000. p. 389-391.
- BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. *Choisir les outils de pulvérisation*. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990.
- BOLLER, W.; RAETANO, C. G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: ANTUNIASI, U. R.; BOLLER, W. (org.). *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Passo Fundo: Fedaf, 2011. p. 51-65.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ROMAN, R. A. A. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 976-985, 2013. doi: 10.1590/S0100-69162013000500009.
- CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira (café): primeiro levantamento safra 2019*. Disponível em: <https://bit.ly/2IRDVIC>. Acesso em: 25 jan. 2019.
- CORADINI, C.; PICCININI, F.; REIMCHE, G. B.; COSTA, I. F. D.; MACHADO, S. L. O. Efeito de óleo essencial de laranja associados a fungicidas no controle de doenças foliares do trigo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 42, n. 1, p. 105-106, 2016.
- COSTA, F. M.; ALVES, G. F.; SCALON, J. D.; ZACARIAS, M. S. Análise estatística das distribuições espaciais do bicho-mineiro do cafeeiro e das vespas predadoras. *Coffee Science*, Lavras, v. 10, n. 2, p. 149-157, 2015.
- FRANÇA, J. A. L.; CUNHA, J. P. A. R.; ANTUNIASI, U. R. Scientific paper agricultural machinery management spectrum and velocity of droplets of spray nozzles with and without air induction. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 232-237, 2018.
- GABRIEL, R. F.; BAILO, F. H. R. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO₂. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 164-169, 2013. doi: 10.1590/S1983-40632013000200006.
- GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R. Spray deposition and chemical control of the coffee leaf-miner with different spray nozzles

and auxiliary boom. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 656-663, 2016.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificiais e naturais. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 670-680, 2010.

MACIEL, C. D. G.; OLIVEIRANETO, A.; GUERRA, N.; JUSTINIANO, W. Eficiência e qualidade da aplicação de misturas em tanque com adjuvantes na dessecação de corda-de-violão. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 704-715, 2011.

MADUREIRA, R. P.; RAETANO, C. G.; CAVALIERI, J. D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 180-185, 2015.

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. *Métodos de aplicação de defensivos agrícolas*. 4. ed. São Paulo: Andrei, 2016.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; ZUNTINI, B.; MELO, E. P.; LEONEL, R. K. Número de aplicações e uso de adjuvantes, adicionados à fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. *Agrarian*, Dourados, v. 11, n. 40, p. 95-104, 2018.

R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R. Core Team, 2019. Disponível em: www.R-project.org. Acesso em: 9 set. 2019.

SANTINATO, F.; RUAS, R. A. A.; TAVARES, T. O.; SILVA, R. P.; GODOY, M. A. Influence of spray volumes, nozzle types and adjuvants on the control of phoma coffee rust. *Coffee Science*, Lavras, v. 12, n. 4, p. 444-450, 2017.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. B.; RODRIGUES, D. E.; ALVARENGA, C. B. Parameters of electrostatic spraying and its influence on the application efficiency. *Ceres*, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 474-479, 2013.

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

SCALON, J. D.; MATEUS, A. L. S. S.; ZACARIAS, M. S. Análise espaço-temporal do nível de infestação do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella*, (Guérin-Menèville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em cafezal orgânico (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, Lavras, v. 8, n. 3, p. 347-353, 2013

SOUSA JÚNIOR, J. M.; RUAS, R. A. A.; SILVA, C. D.; FARIA, V. R.; CARVALHO FILHO, A.; VIEIRA, L. C. Determinação do índice de volume de pulverização para a cultura do café. *Coffee Science*, Lavras, v. 12, n. 1, p. 82-90, 2017a.

SOUSA JÚNIOR, J. M.; RUAS, R. A. A.; DUARTE, L. O.; FARIA, V. R.; CARVALHO FILHO, A.; SANTOS JUNIOR, C. R. Influência da densidade foliar na distribuição de calda no dossel do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, Lavras, v. 12, n. 2, p. 216-222, 2017b.

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*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

Contribuição dos Autores: Renan Zampiroli realizou o experimento, contribuiu com a revisão bibliográfica e contribuiu com a escrita científica; Cleyton Batista de Alvarenga realizou o experimento, contribuiu com a revisão bibliográfica e contribuiu com a escrita científica; Paula Cristina Natalino Rinaldi realizou o experimento, contribuiu com a revisão bibliográfica e contribuiu com a escrita científica; Vanessa Andaló Mendes de Carvalho realizou o experimento, contribuiu com a revisão bibliográfica e contribuiu com a escrita científica; Jair Rocha do Prado contribuiu com a revisão bibliográfica e contribuiu com a escrita científica; Ademar Tavares da Silva Neto realizou o experimento.

Agradecimento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Jacto S. A., Suprema Agronegócios. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Fontes de Financiamento: Recursos custeados.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.