

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VOLUME DE PULVERIZAÇÃO PARA A CULTURA DO CAFÉ

José Márcio de Sousa Júnior¹, Renato Adriane Alves Ruas², Carlos Diego da Silva³,
Vinicius Ribeiro Faria⁴, Alberto Carvalho Filho⁵, Lucas Caixeta Vieira⁶

(Recebido: 28 de maio de 2016; aceito: 30 de agosto de 2016)

RESUMO: O ajuste do volume de calda de acordo como o volume de vegetação tem-se mostrado uma forma de tornar as aplicações de agrotóxicos mais eficientes. Porém, para adoção deste método para o cafeeiro ainda é necessário a determinação do Índice volumétrico. Assim, objetivou-se determinar do índice volumétrico de pulverização para a cultura do café (*Coffea arabica*). Os tratamentos foram dispostos em blocos seguindo fatorial (5 x 5), sendo cinco volumes de calda (200; 300; 500; 600 e 800 L ha⁻¹) e cinco volumes vegetativos (TRV), com quatro repetições. Realizou-se a avaliação de densidade foliar previamente às aplicações dos tratamentos em três estádios de desenvolvimento (enchimento, maturação e pós-colheita dos frutos). Analisou-se a deposição de calda (DEP), densidade de gotas (DEN), diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas e amplitude relativa (SPAN) do espectro de gotas. Os volumes de calda aplicados foram convertidos em índice volumétrico (IV). Não houve interação ente TRV e volume de calda ($p > 0,05$) para as variáveis respostas DEP e DEN. Na avaliação realizada durante o estágio de maturação, a densidade foliar foi 29% superior à época de pós-colheita e a DEP máxima obtida foi de 0,74 $\mu\text{L cm}^{-2}$. O DMV médio obtido foi de 217 μm e o SPAN de 1,1. O ajuste da curva de DEN de acordo com o IV permitiu estimar uma redução em até 47% do volume de calda aplicado. Concluiu-se que o ajuste do IV de acordo com as variações de densidades foliares permite reduzir o volume de calda aplicado em lavouras de café.

Termos para indexação: Calibração de pulverizador, Tree-Row-Volume, *Coffea arabica*

DETERMINATION OF SPRAY VOLUME INDEX FOR CULTURE OF COFFEE

ABSTRACT: The adjustment of the spray volume according to the volume of vegetation has exhibited a way to make the most efficient pesticide applications. However, for the adoption of this method for the coffee, the determination of the volume index is still needed. Thus, the aim was to determine the volumetric rate of spraying for coffee (*Coffea arabica*). The treatments were arranged in blocks following factorial (5 x 5), five spray volumes (200, 300, 500, 600 and 800 L ha⁻¹) and five vegetative volume (TRV) with four replicates. We conducted the evaluation of leaf density prior to the application of treatments in three development stages (filling, maturation and post-harvest fruit). We analyzed the spray deposition (SD), density of the droplets (DD), the volumetric median diameter (VMD) of the droplets and relative amplitude (SPAN) of droplet spectrum. The applied spray volumes were converted to volumetric index (VI). There was no interaction between TRV and water volume ($p > 0.05$) for the variables SD and DD answers. In the evaluation performed during the maturation stage, leaf density was 29% higher at the time of post-harvest and the maximum SD obtained was 0.74 cm² uL. The VMD medium obtained was 217 μm and the span 1,1. The adjustment of the curve DD according VI allowed to estimate a reduction of up to 47% of the spray volume applied. It was concluded that the VI set according to the changes in leaf density reduces the spray volume applied to coffee plantations.

Index terms: Sprayer calibration, Tree-Row-Volume, *Coffea arabica*

1 INTRODUÇÃO

Os cafés produzidos no estado de Minas Gerais, principalmente na região do Cerrado, possuem boa aceitação por mercados externos, inclusive, aqueles que exigem cafés certificados. Dentre os critérios para certificação, destaca-se a racionalização do uso de agrotóxicos (REDE DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 2016). Assim, torna-se necessário o emprego correto da tecnologia de aplicação de modo que o ingrediente ativo seja depositado no alvo no momento adequado, na quantidade certa, com o mínimo de desperdício e contaminação ambiental (MATTHEWS, 2008).

Neste contexto, é importante que o

equipamento utilizado seja submetido a uma correta regulagem e calibração (RUAS et al., 2015). O termo regulagem refere-se à verificação e a realização de ajustes gerais nos componentes do pulverizador. Uma correta regulagem faz com que sejam produzidas gotas de uma determinada classe de tamanho, proporcionando a aplicação do volume desejado. Já a definição de calibração é o ajuste do volume de calda aplicado e a determinação da quantidade de produto a ser colocado no tanque (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL - ANDEF, 2004).

Pulverizadores hidropneumáticos são os equipamentos mais utilizados nas pulverizações em lavouras de café. A calibração desses equipamentos pode ser realizada de duas formas:

^{1,2,3,4,5,6} Universidade Federal de Viçosa/UFV - Campus de Rio Paranaíba-MG - Cx.P. 22 38.810-000 - Rio Paranaíba - MG - jose.marcio@ufv.br, renatoruas@ufv.br, carlosdiego_agro@hotmail.com, vinicius.faria@ufv.br, acarvalhofilho@ufv.br, lucas.caixeta@ufv.br

em uma delas, verifica-se se o volume que está sendo pulverizado em uma área conhecida que, geralmente é determinada pelo deslocamento do conjunto por 50 m, vezes o espaçamento entre linhas, extrapolando-se em seguida o valor encontrado para um hectare. Nessa forma de calibração, considera-se a quantidade de volume aplicado por área de lavoura, independentemente do volume de vegetação. O que pode causar excesso de líquido pulverizado principalmente em lavouras mais novas, devido à pouca área foliar, resultando em escorrimento superficial, contaminação do solo, fitotoxicidade e aumento dos custos de produção (MATUO, 1990).

Uma segunda forma de calibração dos pulverizadores hidropneumáticos é a adoção do "Tree-Row-Volume" (TRV) ou volume de calda por volume de vegetação, por unidade de área plantada. A adoção deste método em aplicações em videiras possibilita redução do uso de agrotóxicos em até 57% (GIL et al., 2007). Na cultura do tomate essa redução pode chegar a 30 % (SANCHEZ-HERMOSILLA et al., 2013). Em citrus o emprego deste método tem apresentado boa eficiência e eficácia de controle de doenças fúngicas (HABERLE; AGOSTINI; ACUÑA, 2011; SCAPIN et al., 2015).

A calibração pelo TRV requer o conhecimento do índice volumétrico (IV), que corresponde ao volume de calda necessário para cobrir adequadamente um metro cúbico do dossel. Esse índice é conhecido para algumas fruteiras, porém, ainda desconhecido para o cafeeiro. Posto que, para que seja feita sua determinação, alguns fatores relativos ao volume vegetativo devem ser considerados. São eles: idade das plantas, desfolha decorrente da colheita (SANTINATO et al., 2014), ataque de pragas e doenças (MATIELLO et al., 2010) e variações sazonais que ocorrem em função da disponibilidade hídrica e variação na temperatura (MATTA et al., 2007). Tais variações podem ocorrer ao longo das estações do ano e resultam em alterações na densidade foliar (BERNI et al., 1999), tendo influência direta na eficácia das pulverizações, principalmente na penetração, distribuição e deposição da calda (SILVA et al., 2014).

Portanto, acredita-se que a determinação do IV para o cafeeiro possa contribuir para melhorias das aplicações de agrotóxicos. Para tanto, é necessário estudar aplicações de volumes de calda capazes de promover deposições adequadas em diferentes estádios de desenvolvimento da lavoura. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho, determinar o índice de volume de pulverização para cultura do café (*Coffea arabica* L.).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Transagro, município de Rio Paranaíba-MG, localizada em 19°13'0.90"S, longitude 46°20'36.16"O, na região do Cerrado Mineiro. Altitude média de 906 m e clima Cwa de acordo com a classificação de Köppen Geiger.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 5, sendo: cinco volumes de calda (200; 300; 500; 600 e 800 L ha⁻¹), aplicados em cinco volumes vegetativos (TRV-1; TRV-2; TRV-3; TRV-4; TRV-5), com quatro repetições. Em cada um desses talhões selecionou-se uma linha de plantas, na qual foram demarcadas as parcelas compostas pelos cinco volumes de calda. As parcelas foram espaçadas 20 m entre si e formadas por 20 plantas, tendo como base a linha de aplicação.

As avaliações foram realizadas isoladamente em três estádios de desenvolvimento do cafeeiro (enchimento de grãos, maturação e pós-colheita dos frutos) e consistiram na análise da deposição de calda e da capacidade de penetração das gotas de pulverização no dossel das plantas. A partir de dados de capacidade de penetração das gotas e de deposição de calda de pulverização, foi ajustado o índice volumétrico (IV) para cada um dos estádios de desenvolvimento.

A determinação do TRV foi feita em 20 plantas em áreas previamente selecionadas, medindo-se a altura, a largura (no terço inferior, superior e mediano do dossel) e o espaçamento entre linhas (Equação 1).

$$TRV = \frac{H \times L \times 10000}{D} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

TRV = volume vegetativo (m³ ha⁻¹);

H = altura das plantas (m);

L = largura média dos terços das plantas (m);

D = distância entre linhas da cultura (m)

Foram realizadas análises de densidade foliar em cada um dos estádios. Para tanto, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema de parcela subdividida, com três repetições. As parcelas constituíram-se pelos três estádios de desenvolvimento do cafeeiro (enchimento de grãos, maturação e pós-colheita dos frutos) e as subparcelas pelos cinco volumes vegetativos (TRV-1; TRV-2; TRV-3; TRV-4; TRV-5).

Nos meses de Março, Julho e Dezembro de 2015, que corresponderam aos três estádios de desenvolvimento, foi realizada a derriça manual e pesagem de todas as folhas de três plantas em cada talhão. Assim, de posse das massas médias das plantas, volume vegetativo ($m^3 ha^{-1}$) e conhecendo-se a população de plantas por hectare, foi determinada a densidade foliar de cada um dos talhões (Equação 02) (Tabela 1). Ao final destas avaliações, os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$), e, quando pertinente, procedeu-se a realização do teste de Tukey em nível 5% de probabilidade.

$$D = \frac{M}{\frac{TRV}{N}} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

D = densidade foliar ($kg m^{-3} planta^{-1}$);

M = massa médias de folhas por planta (kg);

TRV = volume vegetativo ($m^3 ha^{-1}$);

N = número de plantas por hectare ($plantas ha^{-1}$).

Para realização das avaliações de penetração de gotas e deposição de calda de pulverização em cada época de aplicação, foi empregado o pulverizador hidropneumático tratorizado Arbus Modelo 2000 TP VA marca Jacto®, com capacidade para 2.000 L de calda no tanque, dotado de uma bomba de pistão modelo JP-190 com vazão de até $190 L min^{-1}$ e ventilador radial com vazão de ar de $19 m^3 s^{-1}$. Possuía também arco de pulverização duplo com 36 pontas de jato cônico vazio Magno Jet® (MAG) 1,5 e 3,0 que possuem vazões de $0,56$ e $1,13 L min^{-1}$ na pressão de 300 kPa, respectivamente, distribuídas da seguinte forma: parte inferior com cinco pontas MAG $_{3,0}$, parte mediana com nove pontas MAG $_{1,5}$ e parte superior com quatro pontas MAG $_{3,0}$ (SOUSA JÚNIOR et al., 2016).

O trator utilizado foi o NEW HOLLAND® modelo TT 3880, cuja potência a 2.500 rpm é de

44,1 kW e torque máximo a 1.500 rpm de 200 Nm. O pulverizador foi previamente regulado e neste processo, dentre outros procedimentos, realizou-se o ajuste dos defletores de forma a direcionar adequadamente ar e calda para o dossel dos volumes vegetativos (TRV) avaliados. Para realizar a calibração ajustou-se a velocidade e a pressão para distribuição do volume de calda adequado a cada tratamento (Tabela 2). As condições climáticas médias durante a aplicação dos tratamentos foram: temperatura de $24 ^\circ C$, umidade relativa (UR %) de 61 e velocidade do vento de $4 km h^{-1}$.

Em ambos os talhões foi realizada a colheita mecanizada utilizando colhedora Jactor® modelo K-3 Millennium, cuja potência a 2.200 rpm é de 60,3 kW. A velocidade da colhedora e a vibração das hastes foram ajustadas para cada talhão, de forma a extrair o máximo de frutos, com mínimo de danos às plantas de café.

Para verificar a deposição de calda de pulverização no dossel do cafeeiro, adicionou-se à calda de pulverização, o corante azul brilhante (solução aquosa traçadora), na dose de $3000 mg L^{-1}$. Subsequente à aplicação coletou-se oito folhas em nove pontos (três terços e três profundidades). Nesses pontos as folhas foram coletadas da seguinte forma: lado da pulverização (segundo par de folhas a partir da extremidade do ramo situado no lado da pulverização); centro da planta (primeiro par de folhas a partir do ramo ortotrópico no interior no dossel das plantas), lado oposto (primeiro par de folhas a partir da extremidade do ramo situado no lado oposto à pulverização).

Após coletadas, as folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, lavadas em 20 mL de água destilada e agitadas manualmente por trinta segundos. Posteriormente, as folhas foram retiradas da solução resultante e armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados de acordo com o ponto amostral e com a repetição.

TABELA 1- Caracterização dos talhões utilizados no experimento.

Talhão	TRV ($m^3 ha^{-1}$)			Nº De plantas ($plantas ha^{-1}$)
	Idade (Anos)	Enchimento	Maturação	
1 (TRV-1)	2	5005	2943	4386
2 (TRV-2)	3	7252	4559	4386
3 (TRV-3)	6	7847	7661	4386
4 (TRV-4)	9	12879	12102	5263
5 (TRV-5)	29	19214	18746	2500

TABELA 2 - Pressões, velocidades e marchas utilizadas no conjunto trator-pulverizador hidropneumático visando obtenção dos volumes de calda desejados.

Volume de calda (L ha ⁻¹)	Pressão (kPa)	Velocidade (km h ⁻¹)	Marcha
200	414	11	2ª Simples
300	979	11	2ª Simples
500	592	8	4ª Reduzida
600	572	6	1ª Simples
800	1014	6	1ª Simples

Em laboratório, a solução foi analisada em espectrofotômetro, modelo EVOLUTION-300, utilizando-se comprimento de onda de 625 nm (SILVA et al., 2014), obtendo-se assim, a concentração do corante em cada amostra. As amostras de folhas foram enxugadas e tiveram sua área (cm²) mensurada, utilizado o AREA METER LICOR modelo LI – 3000C. De posse das absorvâncias em concentração do corante e da área foliar do segmento (oito folhas coletadas por ponto) realizou-se determinação da deposição de calda (µL cm⁻²) (LIMBERGER, 2006) (Equação 03).

$$D = \frac{10^6 \times V \times [\text{solução}]}{A \times [\text{calda}]} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

D = deposição de calda (µL cm⁻²);

V = volume de água utilizado para lavar as folhas (L);

[solução] = concentração do corante na solução de lavagem (mg L⁻¹);

A = área foliar do segmento (cm²);

[calda] = concentração do corante na calda de pulverização (mg L⁻¹).

A avaliação da capacidade de penetração das gotas de pulverização no dossel do cafeeiro foi realizada concomitantemente com a avaliação de deposição de calda. Para tanto, fixou-se etiquetas hidrossensíveis no primeiro par de folhas a partir do ramo ortotrópico no interior no dossel das plantas (centro da planta) nos três terços das plantas (terço superior, médio e inferior). Após a aplicação, as etiquetas foram removidas, identificadas e acondicionadas em placas de Petri. Posteriormente, tiveram suas imagens digitalizadas utilizando-se escâner calibrado com resolução de 600 DPI para processamento das imagens das manchas de pulverização no software

CIR 1.5, determinando-se em seguida os seguintes parâmetros: amplitude relativa (SPAN), diâmetro mediano volumétrico (DMV) (µm) e densidade de gotas (DEN) (gotas cm⁻²).

Os dados foram tabulados e extraídos de nove pontos: três terços e três profundidades de coleta das folhas e dos três locais de fixação das etiquetas, os valores médios de deposição de calda e de penetração das gotas de pulverização no dossel do cafeeiro. Os dados foram submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$), e, quando pertinente, procedeu-se a realização do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Em caso de significância da variável quantitativa volume de calda, foi realizada a análise de regressão.

Para estimar o índice volumétrico (IV) foram utilizados os dados de deposição de calda (µL cm⁻²) e densidade de gotas (DEN) (gotas cm⁻²), proporcionadas pelos cinco volumes de calda (Equação 04), possibilitando-se assim, com base nas recomendações feitas por fabricantes de agrotóxicos, verificar a densidade de gotas adequadas para uma determinada aplicação e o IV correspondente.

$$IV = \frac{Q \times 1000}{TRV} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

IV= índice de volume de pulverização (L 1000 m³ ha⁻¹);

Q= volume de calda (L ha⁻¹);

TRV= volume de vegetação (m³ ha⁻¹).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre estádio e TRV ($p > 0,05$) para a variável resposta densidade foliar. Porém, analisando-se isoladamente o fator época, verificou-se que, no estádio de maturação a densidade foliar foi 29 % superior à de pós-colheita. Já entre os estádios de pós-colheita e

enchimento dos frutos não foi verificada diferença ($p > 0,05$) (Tabela 3). A menor densidade foliar no estágio de pós-colheita pode ser atribuída a dois fatores principais: ação mecânica de desfolha provocada pela ação das hastes da colhedora (SANTINATO et al., 2014) e restrição hídrica (MATTA et al., 2007).

O talhão TRV-1, mais novo, apresentou densidades foliares 41, 26, 37 e 74 % superiores ao TRV-2, TRV-3, TRV-4, TRV-5, respectivamente. Já o TRV-5, mais velho, apresentou densidades foliares 74, 56, 65 e 59 % inferiores ao TRV-1, TRV-2, TRV-3, TRV-4, respectivamente (Tabela 3). Isso indica que, nem sempre o maior TRV implica em maior densidade foliar, o que pode ser explicado pelo fato de as plantas jovens, estarem em pleno crescimento e desenvolvimento vegetativo (Tabela 1). Isso foi evidenciado pelo acréscimo de 29 % no TRV do estágio de maturação para o de pós-colheita e, de 17 %, da pós-colheita para enchimento dos frutos (Tabela 1), provavelmente, devido à formação e desenvolvimento das folhas ocorrerem concomitantemente ao desenvolvimento dos ramos plagiotrópicos (RONCHI; MATTA, 2007).

Não houve interação entre TRV e volume de calda ($p > 0,05$), dentro de cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro, para as variáveis respostas DEP e DEN. Analisando-se os efeitos simples do fator TRV, verificou-se que, na avaliação realizada na maturação dos frutos, a DEP e DEN foram iguais ($p > 0,05$) no TRV-1 e TRV-5 (Tabela 4). Apesar de relatos científicos constatarem que a densidade foliar influencia diretamente na penetração e deposição da calda

(SILVA et al., 2014), a densidade do TRV-1 foi 74 % inferior a do TRV-5. Isso pode ser explicado pelo fato do TRV-5 ser mais velho (Tabela 1) e apresentar maior sobreposição dos ramos e folhas dos terços inferiores pelos terços superiores (MATTA et al., 2007), formando uma barreira à penetração e deposição de calda nesses pontos.

Ainda para estágio de maturação, o TRV-2 apresentou médias de DEP e DEN 25 e 47 % inferiores ao TRV-4 (Tabela 4). Tal fato pode ser atribuído ao dossel destas plantas estarem mais desenvolvidos, formando um renque, proporcionando maior interceptação das gotas. Devido ao fato de as plantas mais jovens apresentarem menor diâmetro do dossel, conseqüentemente, elas estão situadas a maior distância da saída das pontas de pulverização. Em função disso, as gotas pulverizadas se tornam mais sujeitas a perdas, podendo evaporar ou serem carreadas pelo vento, ocasionando menor deposição (ALVARENGA et al., 2014).

No estágio de pós-colheita, o TRV-3 proporcionou DEP 50, 50, 57 e 40 % inferior ao TRV-1, 2, 4 e 5, e DEN 35 e 31 % inferior ao TRV-1 e 2 (Tabela 4). Isso pode ser atribuído à desfolha proveniente da colheita ter sido menos acentuada neste talhão em relação aos demais, tendo-se assim maior massa foliar e, conseqüentemente, menor penetração e deposição de calda no interior do dossel. Na avaliação realizada no período de enchimento dos grãos, a DEN do TRV-5 foi 32, 34 e 34 % superior ao TRV-1, 2 e 4, respectivamente (Tabela 4).

Isto possivelmente ocorreu devido às

TABELA 3 - Densidades foliares obtidas em cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro avaliado e em cada volume vegetativo (TRV).

Estádio	Densidade foliar (kg m ⁻³ planta ⁻¹)
Maturação	2,1 a
Pós-colheita	1,5 b
Enchimento	2,0 ab
TRV	
1	2,7 a
2	1,6 b
3	2,0 b
4	1,7 b
5	0,7 c

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

TABELA 4 - Médias de TRV dentro de cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro, para as variáveis respostas deposição de calda (DEP) e densidade de gotas (DEN).

Enchimento		
TRV	DEP ($\mu\text{L cm}^{-2}$)	DEN (Gotas cm^{-2})
1	0,3 ab	106,3 b
2	0,3 ab	103,2 b
3	0,4 a	133,3 ab
4	0,2 c	103,6 b
5	0,2 c	156,6 a
CV	29,5	36,2
Maturação		
1	0,5 a	117,3 ab
2	0,3 c	86,6 b
3	0,4 b	134,4 ab
4	0,4 b	164,4 a
5	0,5 a	128,4 ab
CV	22,7	46,3
Pós-colheita		
1	0,6 ab	194,2 a
2	0,6 ab	181,9 a
3	0,3 c	125,5 b
4	0,7 a	158,2 ab
5	0,5 b	116,4 b
CV	18,3	32,1

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

plantas dos TRV-1, 2 e 4 terem apresentado maior desenvolvimento vegetativo no final do período seco e chegando ao período de enchimento dos frutos com maior intensidade de enfolhamento, resultando em menor penetração das gotas no interior do dossel do cafeeiro.

De acordo com as médias de SPAN, observa-se que os espectros de gotas apresentam boa homogeneidade. Principalmente, por se tratar de pulverização hidráulica que, em geral, formam gotas com tamanhos desuniformes (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007) (Tabela 5). São considerados homogêneos os espectros de gotas com valores de SPAN próximos a zero (CUNHA et al., 2004). O DMV médio para cada um dos talhões, nos três estádios avaliados, foi de 223, 226, 213, 184 e 238 μm , os quais podem ser considerados médios (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE, 2016) (Tabela 5). Valores de DMV aliados à

boa uniformidade de espectro de gotas (SPAN) proporcionam em geral uma pulverização mais segura, uma vez que, gotas muito pequenas são facilmente perdidas por deriva e gotas excessivamente grandes promovem baixa cobertura do alvo (CUNHA et al., 2004).

Analisando-se o fator volume de calda isoladamente, foi possível convertê-lo em IV (Equação 04), ajustando-se, em seguida, equações de regressão para os estádios de maturação, enchimento e pós-colheita para as variáveis respostas DEP e DEN (Figura 1). A DEP mínima e máxima obtida nos estádios de maturação e pós-colheita dos frutos de café foi de 0,29- 0,63 e 0,43-0,74 $\mu\text{L cm}^{-2}$. Ou seja, no estágio de maturação a DEP mínima e máxima foram 48 e 15 %, respectivamente, superior ao estágio de pós-colheita. Isso se justifica devido ao fato da densidade foliar no estágio de pós-colheita ser menor.

TABELA 5 - Médias de amplitude relativa (SPAN) e diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos espectros de gotas para cada IV, dentro dos estádios de desenvolvimento do cafeeiro avaliados.

Estádio	IV	TRV-1		TRV-2		TRV-3		TRV-4		TRV-5	
		SPAN	DMV (µm)								
Enchimento	19	1.2	208	1.0	225	0.9	193	1.4	180	1.0	266
	29	1.0	252	0.9	228	1.1	209	1.0	233	1.0	263
	48	1.3	207	1.2	202	1.2	190	1.3	212	1.1	195
	58	1.1	217	1.2	213	1.0	181	1.4	116	1.1	284
	77	1.1	263	1.3	248	1.0	201	2.2	151	1.2	205
Maturação	22	1.0	213	0.7	234	1.0	205	1.1	238	1.0	275
	33	1.0	272	0.9	240	1.0	207	1.8	133	1.0	261
	54	1.0	203	0.9	221	1.1	202	1.3	221	1.4	255
	65	1.1	227	1.2	215	1.1	180	1.3	145	1.1	191
	87	1.1	281	1.2	260	1.1	197	1.0	213	1.3	213
Pós-colheita	20	1.1	235	1.1	224	0.9	347	1.0	216	1.0	247
	30	1.3	173	1.3	224	1.0	248	1.2	182	1.2	241
	50	1.0	186	1.1	242	1.0	195	1.2	168	1.1	281
	60	1.2	216	1.2	197	1.1	220	1.1	184	1.2	225
	81	1.0	185	1.1	210	1.1	216	1.1	167	1.1	173

Essa menor densidade proporciona menor barreira para deposição de calda no interior do dossel do cafeeiro, contribuindo para o incremento nas médias de deposição de calda neste estágio.

A partir das equações de regressão de IV para cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro, considerando-se a variável resposta DEN (Gotas cm²), pode-se inferir o IV adequado de acordo com as recomendações dos fabricantes de agrotóxicos (Figura 1). Para se aplicar determinado agrotóxico cuja recomendação é 100 gotas cm², considerando-se um talhão com TRV de 3000 m³ ha⁻¹, nos estádios de enchimento, maturação, e pós-colheita, seriam necessários para cada estágio, os seguintes volumes de calda: 110, 145 e 80 L ha⁻¹, respectivamente (Equação 05, 06 e 07).

A partir destes dados verifica-se que, para obtenção de mesma DEN, tem-se redução de volume de calda aplicado no estágio de maturação/enchimento e maturação/ pós-colheita de 45 e 24%. Ou seja, é possível obter uma economia de água e de agrotóxico de 45 e 24 % a depender do estágio fenológico (pós-colheita e enchimento dos frutos).

$$Q = \frac{\left(\frac{DEN}{2,0684} \right) \times TRV}{1000} \quad (\text{Equação 5})$$

$$Q = \frac{\left(\frac{DEN - 27,762}{2,6385} \right) \times TRV}{1000} \quad (\text{Equação 6})$$

$$Q = \frac{\left(\frac{DEN - 24,08}{2,0988} \right) \times TRV}{1000} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

Q= volume de calda (L ha⁻¹);

TRV= volume de vegetação (m³ ha⁻¹);

DEN= densidade de gotas (100 Gotas cm²).

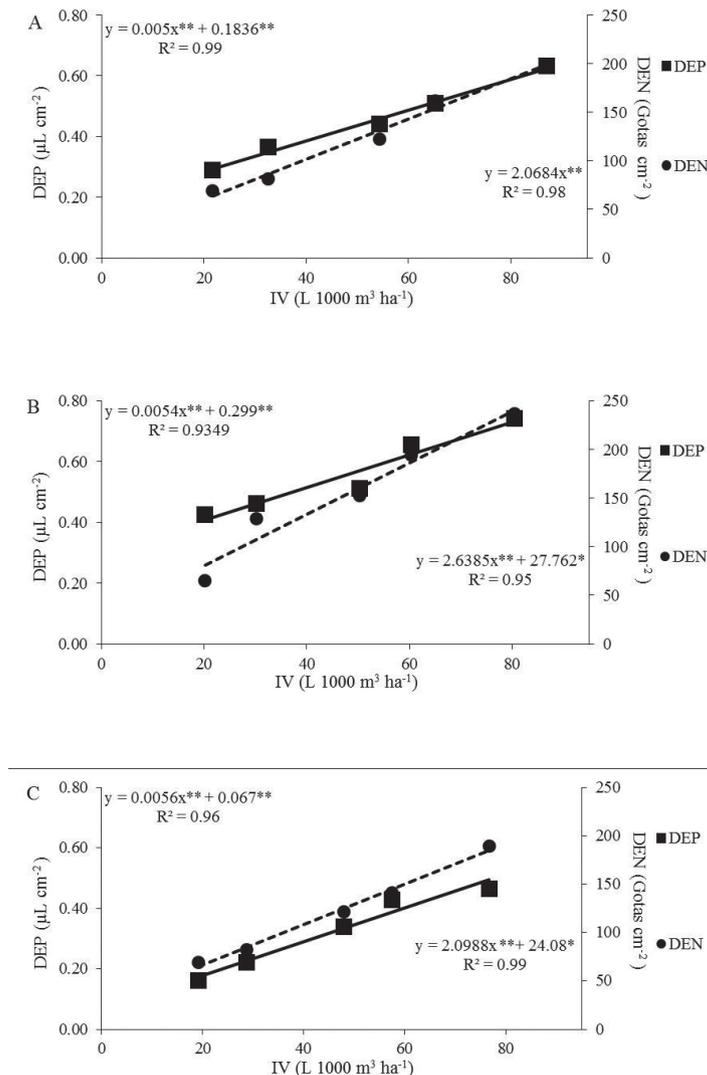


FIGURA 1- Deposição de calda (DEP) e densidade de gotas (DEN), proporcionadas pelos cinco volumes de calda aplicados nos cinco volumes de vegetação (TRV) de plantas de *C. arabica* , nos estádio de enchimento (A), maturação (B) e pós-colheita (C).

* e **Significativo pelo teste t ao nível de 5 e 1% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

A diminuição da densidade foliar no período de pós-colheita proporciona maior penetração e deposição de calda no dossel do cafeeiro.

A estrutura do dossel de plantas de café mais velhas diminui a deposição e penetração de calda.

O ajuste do índice volumétrico nos estádios fenológicos da cultura do café possibilita a redução do volume de calda aplicado.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de mestrado e à Fazenda Transagro S.A., pela disponibilização da área experimental.

6 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, C. B. et al. Air and liquid volumetric distribution in vertical in a hydro-pneumatic sprayer. **Applied Research & Agrotecnology**, Guarapuava, v. 7, n. 1, p. 71-79, 2014.

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. S-572: **spray tip classification by droplet size: categorias de diâmetros de gotas**. Disponível em: <<http://www.sherwoodpumps.com/FileAttachments/Spray/en-us/Spray%20Tip%20Classification%20by%20Droplet%20Size.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2016.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Linea Criativa, 2004. 52 p.
- BERNI, R. F. et al. Avaliação da cobertura de gotas provocadas por diferentes bicos de pulverização na cultura do milho e do feijão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 1, p. 49-52, 1999.
- CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-985, out. 2004.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 10-15, 2007.
- GIL, E. et al. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. **Crop Protection**, Surrey, v. 26, n. 8, p. 1287-1297, 2007.
- HABERLE, T. J.; AGOSTINI, J. P.; ACUÑA, L. E. Resultados de tres años de ensayo en el ajuste de la tecnología de "Tree Row Volume" (TRV) para el control de mancha negra en naranja Valencia. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, v. 37, n. 2, p. 193-197, 2011.
- LIMBERGER, A. R. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume aplicado na cultura do feijão**. 2006. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA; Varginha: PROCAFÉ, 2010. 542 p.
- MATTA, F. M. da et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.
- MATTHEWS, G. A. Development in application technology. **Environmentalist**, Paris, v. 28, n. 1, p. 19-24, 2008.
- MATUO, T. **Técnica de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.
- REDE DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL. **Norma para obtenção do selo de certificação Rainforest Alliance: medidas tomadas para obtenção da certificação**. Disponível em: <http://www.san.ag/biblioteca/docs/SAN-S-1-1.2_Sustainable_Agriculture_Standard.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2016.
- RONCHI, C. P.; MATTA, F. M. da. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: SEAG/INCAPER, 2007. p. 95-115.
- RUAS, R. A. A. et al. Proposta de método para a inspeção em pulverizadores hidropneumáticos. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 76-82, 2015.
- SANCHEZ-HERMOSILLA, J. et al. Volume application rate adapted to the canopy size in greenhouse tomato crops. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 70, n. 6, p. 390-396, 2013.
- SANTINATO, F. et al. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505, 2014.
- SCAPIN, M. S. et al. Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. **Crop Protection**, Surrey, v. 77, p. 119-126, 2015.
- SILVA, B. M. et al. 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**, Campina Grande, v. 22, n. 1, p. 17-24, 2014.
- SOUSA JÚNIOR, J. M. et al. Vertical volumetric distribution of an axial fan sprayer on the *Brevipalpus phoenicis* control. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 183-190, 2016.