

## INFLUÊNCIA DA DENSIDADE FOLIAR NA DISTRIBUIÇÃO DE CALDA NO DOSSEL DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)

José Márcio de Souza Júnior<sup>1</sup>, Renato Adriane Alves Ruas<sup>2</sup>, Luiz Otávio Duarte<sup>3</sup>,  
Vinícius Ribeiro Faria<sup>4</sup>, Alberto Carvalho Filho<sup>5</sup>, Carlos Roberto Santos Júnior<sup>6</sup>

(Recebido: 24 de maio de 2016; aceito: 13 de setembro de 2016)

**RESUMO:** A falta de adequação do volume de calda aplicado no alvo pode resultar em baixa eficácia e contaminação ambiental. Assim, objetivou-se avaliar a influência das características do dossel na distribuição de calda na cultura do café (*Coffea arabica* L.). Os tratamentos foram aplicados em um talhão de *C. arabica* cv. ‘Catuaí Vermelho-144’, com volume vegetativo médio de 12501 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas, sendo: três densidades foliares (1,0; 1,5 e 2,0, kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup>) constituindo as parcelas, cinco volumes de calda (200; 300; 500; 600 e 800 L ha<sup>-1</sup>) constituindo as subparcelas e três posições no dossel do cafeeiro (Terço superior, mediano e inferior) constituindo as sub-subparcelas, com quatro repetições. As avaliações foram realizadas nos meses de Março, Julho e Dezembro de 2015. As variáveis analisadas foram: deposição de calda, densidade de gotas (DEN), diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas e amplitude relativa (SPAN) do espectro de gotas. A densidade 1,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> proporcionou deposição de calda superior às densidades de 1,5 e 2,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> nas posições superior, mediana e inferior. Na posição mediana a densidade foliar 2,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> proporcionou DEN de gotas 52 e 44 % inferior às de 1,0 e 1,5 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup>, respectivamente. O DMV médio foi de 184 µm e o SPAN de 1,3. Conclui-se que o aumento da densidade foliar proporciona redução significativa na distribuição de calda no interior do dossel das plantas de café.

**Termos para indexação:** Arquitetura das plantas, volume de calda, penetração de calda.

## INFLUENCE OF DENSITY LEAF IN CALDA DISTRIBUTION IN CANOPY COFFEE (*Coffea arabica* L.)

**ABSTRACT:** The inadequacy of the spray volume applied to the target can result in low efficiency and environmental contamination. The objective was to evaluate the influence of canopy characteristics in the distribution of syrup in coffee (*Coffea arabica* L.). The treatments were applied in a C. cv. “plot Red-144 Catuaí” with average growing volume of 12501 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. The treatments were arranged in sub-scheme of split plots, being three foliar densities (1.0, 1.5 and 2.0 kg m<sup>-3</sup> plant<sup>-1</sup>) constituting the plots, five spray volumes (200; 300; 500, 600 and 800 L ha<sup>-1</sup>) constituting the subplots and three positions in the coffee canopy (upper Third, middle and lower) constituting the sub-subplots, with four replications. The evaluations were conducted in the months of March, July and December 2015. The variables analyzed were: spray deposition drops density (DD), volume median diameter (VMD) of the droplets and relative amplitude (SPAN) drops spectrum. Density 1.0 kg m<sup>-3</sup> plant<sup>-1</sup> provided higher spray deposition at densities of 1.5 and 2.0 kg m<sup>-3</sup> plant<sup>-1</sup> in top positions, middle and lower. In the middle position the leaf density 2.0 kg m<sup>-3</sup> plant<sup>-1</sup> provided DD drops 52 and 44% lower than the 1.0 to 1.5 kg m<sup>-3</sup> plant<sup>-1</sup>, respectively. The average VMD was 184 µm and the SPAN 1,3. We conclude that the increase in leaf density provides significant reduction in spray distribution within the canopy of the coffee plants.

**Index terms:** Architecture of plants, spray volume, spray penetration.

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente como maior produtor e exportador de café (BRASIL, 2015). Para que o País se mantenha nesta posição de destaque, faz-se necessário o manejo fitossanitário dos cafeeiros, principalmente por meio do controle químico, empregando-se agrotóxicos. Entretanto, essa operação requer cuidados especiais durante sua realização, sob pena de causar prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente. Neste contexto, tem-se buscado, além de realizar aplicações mais seguras, a redução do volume de agrotóxico aplicado.

Para isso, faz-se necessário o conhecimento dos fatores que influenciam na deposição e penetração dos agrotóxicos no dossel do cafeeiro (SILVA et al., 2014). A arquitetura da planta é um desses fatores, posto que, no cafeeiro, com o passar do tempo, há sobreposição dos ramos dos terços superiores aos terços inferiores (MATTA et al., 2007). Consequentemente, isso resulta em menor penetração e deposição de calda por unidade de área foliar nos alvos desejados (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007). Associada a isto, está a densidade foliar (SILVA et al., 2014) que, no cafeeiro, pode alterar, dentre outros fatores, devido a desfolha decorrente da colheita (SANTINATO

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>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, luiz.otavio@ufv.br, acarvalhofilho@ufv.br, vinicius.faria@ufv.br, carlosjuniorsg00@gmail.com

et al., 2014) e variações sazonais que ocorrem em função da disponibilidade hídrica e da variação na temperatura (MATTA et al., 2007).

Outro fator que está diretamente ligado ao sucesso da pulverização de agrotóxicos é o volume de calda aplicado (ROSELL POLO et al., 2009). Independentemente das características do dossel, comumente são aplicados no cafeeiro volumes de calda que variam entre 400 e 800 L ha<sup>-1</sup> (MATIELLO et al., 2010), podendo resultar em perdas durante a aplicação (CUNHA et al., 2005). Uma provável explicação para isto é a escassez de informações sobre o volume de calda e deposição adequadas para que se tenha o controle efetivo de pragas e doenças na cultura do café (SILVA et al., 2008).

Dessa forma, faz-se necessário o estudo das interações dessas características do dossel e volumes de calda na deposição e penetração de calda no dossel do cafeeiro. A partir desses estudos, espera-se fornecer informações que possibilitem a redução de volume de calda sem a perda de eficácia nos controles fitossanitários. Assim, objetivou-se avaliar a influência das características do dossel na distribuição de calda na cultura do café (*C. arabica*).

## 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. As avaliações foram realizadas em Março, Julho e Dezembro de 2015, no momento em que o cafeeiro encontrava-se nos estádios de enchimento de grãos, maturação e pós-colheita.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com os fatores avaliados dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas. As parcelas foram constituídas por três níveis de densidades foliares (1,0; 1,5 e 2,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup>), as subparcelas por cinco volumes de calda (200; 300; 500; 600 e 800 L ha<sup>-1</sup>) e as sub-subparcelas por três posições do dossel do cafeeiro (Terço superior, mediano e inferior), com quatro repetições. As parcelas foram espaçadas 20 m entre si e formadas por 20 plantas, tendo como base a linha de aplicação.

O talhão escolhido para receber os tratamentos foi composto por plantas de *C. arabica* L. cv. "Catuaí Vermelho-144", o qual

foi implantado em 2005 seguindo espaçamento entre plantas e entre linhas de 0,5 m e 3,8 m, respectivamente. As plantas apresentavam volume vegetativo médio de 12501 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, durante a realização do experimento. A caracterização das três densidades foi realizada nos meses de Março, Julho e Dezembro de 2015. Para isso foi realizada a derriça manual e pesagem de todas as folhas de três plantas de cada talhão. Assim, de posse das massas médias das plantas, volume vegetativo (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e conhecendo-se a população de plantas por hectare, foi determinada a densidade foliar de cada um dos talhões (Equação 01).

$$D = \frac{M}{(TRV/N)}$$

Em que:

D = densidade foliar (kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup>)

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

TRV = volume vegetativo (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);

N = número de plantas por hectare (plantas ha<sup>-1</sup>).

Para a realização da avaliação de deposição de calda de pulverização, foi empregado o pulverizador hidropneumático tratorizado Arbus Modelo 2000 TP VA da Jacto®, com capacidade para 2.000 L de calda no tanque, dotado de bomba de pistão modelo JP-190 com vazão de até 190 L min<sup>-1</sup> e ventilador radial com vazão de ar de 19 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. O equipamento possuía também arco de pulverização duplo equipado com 36 pontas Magno Jet® (MAG) 1,5 e 3,0 que possuem vazões de 0,56 e 1,13 L min<sup>-1</sup> na pressão de 300 kPa, respectivamente, distribuídas da seguinte forma: parte inferior com cinco pontas MAG3,0, parte mediana com nove pontas MAG1,5 e parte superior com quatro pontas MAG3,0.

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 calibrado ajustando-se a velocidade e pressão para distribuição do volume de calda adequado a cada tratamento (Tabela 1). As aplicações foram realizadas com as seguintes condições climáticas: temperatura média foi de 24 °C, umidade relativa média (UR) de 61 % e velocidade do vento média de 4 km h<sup>-1</sup>.

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), nas doses de 3000 mg L<sup>-1</sup>.

**TABELA 1** -Pressões e velocidades utilizadas no conjunto trator-pulverizador hidropneumático, operando com vazão de ar de 19 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, visando obtenção dos volumes de calda desejados

Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Pressões (kPa)	Velocidade (km h <sup>-1</sup> )
200	414	11
300	979	11
500	592	8
600	572	6
800	1014	6

Subsequentemente à aplicação, coletaram-se oito folhas em três posições no centro do dossel (terço superior, inferior e mediano). Nesses pontos, as folhas foram coletadas tendo como referência o primeiro par de folhas a partir do ramo ortotrópico.

As folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, lavadas em 20 mL de água destilada e agitadas 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. Em laboratório, a solução foi analisada em espectrofotômetro, Thermo scientific® modelo Evolution-300, utilizando-se comprimento de onda de 625 nm (SILVA et al., 2014), obtendo-se assim, por meio da curva de calibração da solução padrão, a concentração do corante em cada amostra. As amostras de folhas foram enxugadas e tiveram sua área (cm<sup>2</sup>) mensurada, utilizado o medidor de área foliar Licor® modelo LI – 3000C. De posse das absorbâncias em concentração do corante e da área foliar do segmento realizou-se determinação da deposição de calda (μL cm<sup>-2</sup>) (LIMBERGER, 2006) (Equação 02).

$$D = \frac{10^6 \times Vx [\text{solução}]}{Ax [\text{calda}]}$$

Em que:

D = deposição de calda (μL cm<sup>-2</sup>);

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

[solução] = concentração do corante na solução de lavagem (mg L<sup>-1</sup>);

A = área foliar do segmento (cm<sup>2</sup>);

[calda] = concentração do corante na calda de pulverização (mg L<sup>-1</sup>).

A avaliação de capacidade de penetração das gotas de pulverização no dossel do cafeeiro

foi realizada concomitantemente com a avaliação de deposição de calda. Para tanto, fixaram-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 (superior, mediano 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 assim, os seguintes parâmetros: amplitude relativa (SPAN), diâmetro mediano volumétrico (DMV) (μm) e densidade de gotas (DEN) (gotas cm<sup>-2</sup>).

Os dados foram tabulados e extraídos dos três terços os valores médios de deposição de calda, a penetração e deposição das gotas de pulverização no dossel do cafeeiro. Os dados foram submetidos à análise de variância (P ≤ 0,05) e, quando pertinente, procedeu-se a realização do teste de Tukey à 5% de probabilidade. Em caso de significância da variável quantitativa volume de calda, foi realizada a análise de regressão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre densidade foliar x volume de calda x posição no dossel (p > 0,05) para a variável resposta deposição de calda e DEN. No entanto, foi verificada interação entre densidade foliar x posição no dossel (p < 0,05). A densidade de 1,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> proporcionou deposição de calda superior às densidades de 1,5 e 2,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> nas posições superior, mediana e inferior, respectivamente. Na posição mediana a densidade foliar de 2,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> proporcionou DEN de 52 e 44 % inferior as de 1 e 1,5, respectivamente (Tabela 2). Esta menor deposição de calda e DEN em detrimento da maior densidade pode ser atribuída ao fato de que

maior quantidade de folhas, com sobreposição entre elas, reduz o depósito de calda por unidade de área foliar (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007). Este efeito da redução da densidade foliar se dá pelo fato de que, no estágio de pós-colheita, tem-se a ação mecânica de desfolha provocada pela ação das hastes da colhedora (SANTINATO et al., 2014) e restrição hídrica (MATTA et al., 2007), favorecendo o aumento da deposição da calda pulverizada.

Além disso, pôde-se observar que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as médias de deposição de calda proporcionadas pelas três densidades foliares nas três posições no dossel das plantas (Tabela 2). Tal fato pode ser explicado devido a densidade de plantio, de modo que, as plantas estirolaram mais que perfilharam. Isso resultou, possivelmente, em crescimento mais uniforme dos ramos plagiotrópicos e conseqüentemente, em menor sobreposição dos ramos e folhas dos terços inferiores pelos terços superiores (MATTA et al., 2007). Minimizando assim, os efeitos desta sobreposição na penetração e deposição de calda nesses pontos.

Analisando médias de SPAN proporcionadas pela interação volume de calda x densidade foliar ( $p < 0,05$ ), observa-se que para os volumes de calda de 200 e 300 L ha<sup>-1</sup> a densidade foliar de 2,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> apresentou uma maior homogeneidade de espectros de gotas em relação a densidade foliar de 1,0 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> (Tabela 3). Posto que, para serem considerados homogêneos os espectros de gotas com valores de SPAN devem estar próximos a zero (CUNHA et al., 2004). Esta maior homogeneidade de espectro de gotas pode ser atribuída ao fato de que, como já discutido, em função da maior densidade foliar há uma maior barreira à penetração, principalmente de gotas de maiores diâmetros, restringindo-se assim a penetração a determinados diâmetros de gotas.

Verificou-se ainda que o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup> proporcionou espectro de gotas mais homogêneo que as vazões de 600 e 800 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Tal fato pode estar correlacionado a menor pressão e maior velocidade de trabalho, empregadas para obter a vazão de 200 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). De forma que, em função dessa menor pressão há menor fragmentação das gotas tendo-se assim maior proporção de gotas de maiores diâmetros. E aliado a isso, como a velocidade deslocamento foi maior, pode ter havido carreamento de gotas menores em função de deslocamento, o que culminou em padronização dos diâmetros de gotas depositadas no interior do dossel do cafeeiro.

Para a variável resposta DMV não foi verificada significância na interação volume de calda x densidade foliar ( $p > 0,05$ ). O DMV médio proporcionado pelas três densidades e pelos cinco volumes de calda foi de 170 µm, o qual, segundo classificação da ASAE S-572, pode ser considerado médio (Tabela 4). Assim, de forma geral o DMV obtido neste trabalho caracteriza uma pulverização com menores perdas de gotas por deriva (gotas pequenas) e por escorrimento (gotas excessivamente grandes) (CUNHA et al., 2004).

Analisando a regressão proporcionada pelos volumes de calda aplicados, verifica-se o incremento na deposição de calda de 0,02 µL cm<sup>-2</sup> para cada 100 L ha<sup>-1</sup> (Figura 1a). Já em relação à variável resposta DEN, pode-se observar que a densidade foliar 2 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> proporcionou, para cada 100 L ha<sup>-1</sup>, aumento de 9 gotas cm<sup>-2</sup>, enquanto que as densidades 1 e 1,5 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> apresentaram 37 e 34 gotas cm<sup>-2</sup>/100 L ha<sup>-1</sup> de calda aplicados, respectivamente (Figura 1b). Esse efeito também pode ser atribuído, à maior interceptação causada pela barreira foliar à deposição e penetração de calda. Essas informações, aliadas à homogeneidade de espectro de gotas, indicam a possibilidade de se reduzir o volume de calda aplicado sem que seja afetada a qualidade dos depósitos esperados, possibilitando ajustar-se o volume de caldas às variações de densidade foliar.

Essas informações, aliadas à homogeneidade de espectro de gotas, indicam a possibilidade de se reduzir o volume de calda aplicado sem que seja afetada a qualidade dos depósitos esperados, possibilitando ajustar-se o volume de caldas às variações de densidade foliar. Uma forma de fazer tais ajustes é utilizar a densidade de gotas (DEN) recomendada pelo fabricante de agrotóxico. Por exemplo, considerando uma DEN recomendada pelo fabricante de 100 gotas cm<sup>-2</sup>, empregando-se as equações ajustadas para as densidades de 1, 1,5 e 2 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> (Figura 1 b), os volumes de calda necessários seriam de 293, 322 e 438 L ha<sup>-1</sup>. Ou seja, para um talhão com TRV de 12501 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, pode-se reduzir 33 e 27 % o volume de calda aplicado das densidades de 1, 1,5 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup> para a densidade de 2 kg m<sup>-3</sup> planta<sup>-1</sup>.

Entretanto, vale ressaltar a importância de que sejam realizados trabalhos futuros objetivando-se determinar o volume de calda que, dentro de cada uma dessas densidades, promova a maior eficácia e eficiência de controle de pragas e doenças do cafeeiro. Tendo-se em vista que, estas apresentam especificidades, principalmente quanto ao posicionamento no dossel.



**TABELA 2-** Interação densidade foliar x posição no dossel para as variáveis resposta, deposição de calda e densidade de gotas (DEN).

Densidade Foliar (kg m <sup>-3</sup> planta <sup>-1</sup> )	Deposição de calda (μL cm <sup>-2</sup> )		
	Superior	Mediana	Inferior
1,0	0,36 aA	0,29 aA	0,43 aA
1,5	0,22 aB	0,13 aB	0,09 aB
2,0	0,17 aB	0,15 aB	0,15 aB
DEN (gotas cm <sup>-2</sup> )			
1,0	175 aA	182 aA	137 aA
1,5	165 aA	158 aA	152 aA
2,0	113 aA	88 aB	110 aA

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

**TABELA 3-** Interação entre volume de calda x densidade foliar para a variável resposta amplitude relativa (SPAN) .

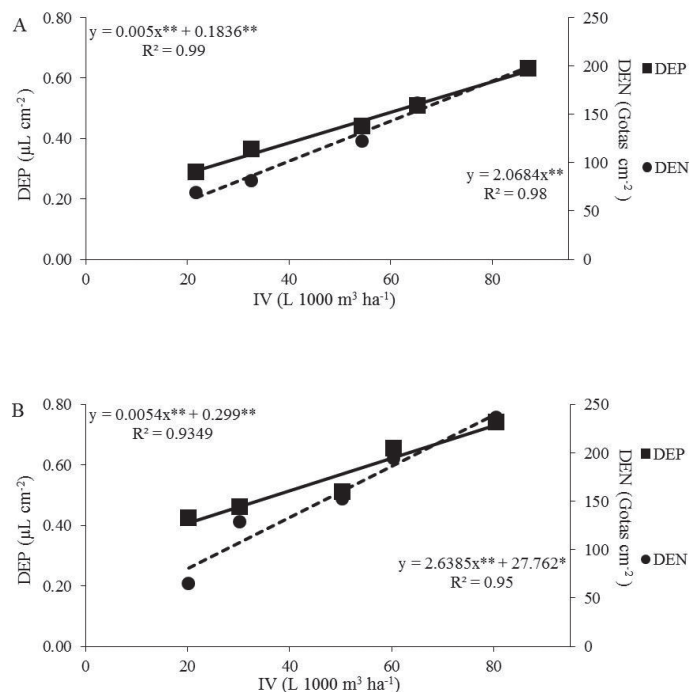
Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Densidade Foliar (kg m <sup>-3</sup> planta <sup>-1</sup> )		
	1	1,5	2
200	0,8 aA	0,7 aA	0,5 bB
300	0,9 aA	0,7 bA	0,6 bAB
500	0,8 aA	0,9 aA	0,7 aAB
600	0,9 aA	0,9 aA	0,9 aA
800	0,8 aA	0,9 aA	0,9 aA

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

**TABELA 4 -** Média de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos espectros de gotas para cada volume de calda e dentro das três densidades foliares avaliadas.

Densidade Foliar (kg m <sup>-3</sup> planta <sup>-1</sup> )	DMV
1,0	176 a
1,5	167 a
2,0	164 a
Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	DMV
200	170 a
300	173 a
500	166 a
600	156 a
800	179 a

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



**FIGURA 1-** Deposição de calda (a) e densidade de gotas (DEN) (b) proporcionadas pelos cinco volumes de calda aplicados em plantas de *Coffea arabica* L. \* e \*\*Significativo pelo teste t ao nível de 5 e 1% de probabilidade.

#### 4 CONCLUSÕES

As variações de densidades foliares têm influência direta na penetração e deposição de calda de agrotóxicos pulverizada no cafeeiro.

A distribuição uniforme dos ramos e folhas resulta em deposição de calda mais homogênea ao longo do dossel do cafeeiro.

O ajuste do volume de calda em função da densidade foliar permite reduzir consideravelmente o volume de agrotóxicos aplicado.

#### 5 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafes/saiba-mais>>. Acesso em: 9 abr. 2016.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 133-138, 2005.

\_\_\_\_\_. 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.

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.

ROSELL POLO, J. R. et al. A tractor mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: a comparison with conventional and destructive measurements. **Biosystems Engineering**, Bedford, v. 102, n. 2, p. 128-134, 2009.

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.

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**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 17-24, 2014.

SILVA, R. P. et al. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 292-304, 2008.

SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.