

DEPOSIÇÃO DE CALDA EM PLANTAS DE SOJA EMPREGANDO PULVERIZADOR COM BARRA CONVENCIONAL E BARRA AUXILIAR¹

Rafael Marcão Tavares², João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha³, Miller Galli Naves⁴,
Mariana Rodrigues Bueno⁵, Guilherme Sousa Alves⁵

Resumo: O depósito das gotas pulverizadas no alvo é fundamental para o êxito nas aplicações de produtos fitossanitários. Este trabalho avaliou a deposição de calda em plantas de soja e as perdas para o solo promovidas por um pulverizador de barra convencional, dotado de pontas de jato plano, e por um pulverizador com barra auxiliar de arrasto, dotado de pontas de jato cônico vazio, variando os volumes de calda: 150 e 200 L ha⁻¹ no sistema convencional e 50 e 100 L ha⁻¹ no sistema com barra auxiliar. Foi adicionado o traçador Azul Brilhante à calda para ser detectado por espectrofotometria em folhas da metade superior e inferior da soja e em placas de Petri colocadas junto ao solo. Avaliou-se o espectro de gotas por meio de papéis hidrossensíveis. As pontas de jato cônico vazio, empregadas na barra auxiliar, promoveram gotas mais finas e mais uniformes. A deposição de calda nas plantas de soja utilizando-se a barra auxiliar com ponta de jato cônico vazio no volume de 100 L ha⁻¹ foi semelhante às obtidas com a barra convencional. Em relação às perdas para o solo, não houve diferença entre as tecnologias adotadas.

PALAVRAS-CHAVE: Espectro de gotas. *Glycine max*. Tecnologia de aplicação.

¹Artigo extraído do trabalho de conclusão de curso do primeiro autor.

²Eng.º Agrônomo, Mestrando em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Av. Pará, 1720 - Bairro Umuarama, CEP 38.408-100, Uberlândia – MG, Brasil. E-mail: rmtagro@gmail.com.

³Eng.º Agrícola, Prof.º Doutor, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Av. Pará, 1720 - Bairro Umuarama, CEP 38.408-100, Uberlândia – MG, Brasil.

⁴Eng.º Agrônomo, Paranaíba Fertilizantes Indústria e Comércio Ltda., Av. Airton Borges da Silva, 1129 – Distrito Industrial, 38.402-100, Uberlândia – MG, Brasil.

⁵Eng.º Agrônomo, Doutorandos em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Av. Pará, 1720 - Bairro Umuarama, CEP 38.408-100, Uberlândia – MG, Brasil.

**SPRAY DEPOSITION IN SOYBEAN CROP USING A CONVENTIONAL BOOM
SPRAYER AND AN AUXILIARY BOOM SPRAYER**

Abstract: The droplet deposition on target is critical to the success in the pesticide application. Thus, this study evaluated the spray deposition in soybean and the losses to the soil promoted by a conventional boom sprayer, equipped with flat fan spray nozzles, and by a sprayer with an auxiliary boom, equipped with hollow cone nozzle, varying spray volumes: 150 and 200 L ha⁻¹ in the conventional system and 50 and 100 L ha⁻¹ with auxiliary boom. The experiment was conducted in a randomized block design with five replications. Brilliant Blue was added to the tank mix as tracer to be detected by spectrophotometer. It was evaluated leaves from the upper and lower parts of the canopy and Petri dish placed at ground level. It was also evaluated the droplet spectra through water sensitive papers. The use of the hollow cone nozzles with the auxiliary boom produced small droplets and more uniform. The spray deposition on the soybean plants with the auxiliary boom (100 L ha⁻¹) was similar to the conventional boom. Regarding losses to the soil, there was no difference between the technologies adopted.

KEYWORDS: Droplet spectra. *Glycine max*. Application technology.

INTRODUÇÃO

Nos sistemas de agricultura intensiva, com constantes ciclos de pragas e patógenos durante o desenvolvimento da lavoura, o controle químico tornou-se uma prática constante, especialmente nos estádios avançados da cultura. Segundo Navarini (2008), com o adensamento de plantas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), a calda não consegue atingir o alvo adequadamente, dificultando a

proteção química dos terços médio e inferior.

De acordo com Zhu et al. (2008), as folhas funcionam como barreira aos fungicidas, prejudicando a boa cobertura no interior das plantas. Cunha e Peres (2010), afirmam que os fungicidas precisam de níveis ótimos de cobertura e penetração no dossel da planta, mesmo no caso de produtos sistêmicos. Esta característica é importante não só para os fungicidas, mas para todos os produtos

fitossanitários utilizados para a proteção de plantas (CUNHA, 2008).

Assim, a escolha correta da técnica de aplicação do produto fitossanitário, bem como o momento da aplicação, são algumas das formas de sucesso na boa deposição nos alvos biológicos (CUNHA; PERES, 2010). No entanto, muitas vezes, leva-se somente em consideração o produto a ser aplicado, deixando a técnica de aplicação em segundo plano (CUNHA, 2008). É preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (MATTHEWS, 2002).

Neste contexto, pode-se citar a importância da utilização de um volume de calda adequado para cada cultura, da utilização de pontas que produzam gotas uniformes e de tamanho seguro para as aplicações, além da utilização de pulverizador em bom estado de manutenção (SOUZA et al., 2011).

A possibilidade da redução nos volumes de calda aplicados é um fator importante a ser considerado, conforme as condições de campo. Esta possibilidade permite o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores, bem como a diminuição nos custos de aplicação (GARCERÁ et al., 2011; SOUZA et al.,

2011). De acordo com Souza et al. (2012), menores volumes de calda podem proporcionar maior capacidade operacional dos equipamentos de pulverização, reduzindo os custos operacionais principalmente com mão de obra, desgaste de maquinário e quantidade de combustível, além de favorecer o aproveitamento das boas condições climáticas. No entanto, essa redução de volume requer otimização da tecnologia de aplicação, a fim de manter a eficiência das aplicações (SOUZA et al., 2012).

Neste aspecto, as pontas de pulverização são componentes importantes, pois são responsáveis pela formação de gotas, determinantes na aplicação e redução de perdas. As pontas fragmentam o líquido em pequenas gotas, distribuem-nas em determinada área e controlam a saída de líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998). No mercado existem vários tipos de pontas que permitem variadas capacidades de cobertura dos alvos e o conhecimento operacional das pontas de pulverização determina a eficiência das aplicações (RODRIGUES et al., 2012).

Várias são as formas para se melhorar a penetração de gotas nas regiões mais inferiores das plantas. Uma delas é o

uso de uma barra auxiliar montada abaixo da barra principal do pulverizador (ALVES, 2011). Este equipamento de pulverização recebeu denominação de Kit Alvo[®] de Pulverização.

Este equipamento é constituído de uma barra auxiliar, dotada de pontas de pulverização ao longo de sua extensão, acoplada na barra principal do pulverizador, a fim de substituir a mesma. Como cada pulverização exige uma altura ideal de aplicação, o equipamento permite a regulação de sua altura em relação ao solo ou à cultura. Esta característica pode contribuir para a redução dos riscos de deriva mesmo com o uso de gotas finas, visto que a barra trabalha o mais próximo possível do alvo.

Além disso, o reduzido volume de calda empregado com a barra auxiliar deve-se ao fato de que esta foi desenvolvida, segundo o fabricante, para operar nestas condições. Devido a isto, com a barra auxiliar trabalha-se com produção de gotas finas, já que a aplicação é sempre realizada através de pontas de jato cônico, o mais próximo possível das folhas das plantas. Estas características da barra auxiliar contrastam com as tecnologias de aplicação convencionais, as quais ainda trabalham com maiores

volumes de calda, a fim de elevar o molhamento foliar, e com espectro de gotas médias e grossas, quando a condição ambiental não é favorável e a distância entre as pontas e o alvo ainda é grande, como demonstrado em vários trabalhos (OLIVEIRA et al., 2004; CUNHA et al., 2005; MATUO et al., 2005; GULER et al., 2007; BUENO, 2011).

Entretanto, ainda existem poucos estudos sobre a eficiência real desse equipamento em campo. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda nas plantas de soja e as perdas para o solo em função de diferentes volumes de calda, com o uso de uma tecnologia de aplicação alternativa, a barra auxiliar de pulverização, e o método convencional, empregando pulverizador com apenas a barra principal.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na fazenda Pasto do Passarinho, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, a uma altitude de 970 metros, 19°05'39" S de latitude e 48°08'08" W de longitude. A área possui topografia plana e solo argiloso. O experimento foi instalado em lavoura de soja da variedade CD 237RR, semeada com espaçamento entrelinhas de

0,5 m e população de 200000 plantas ha⁻¹. A aplicação foi realizada quando a cultura atingiu o estágio R6, com cobertura total do solo, na safra 2012/2013. Na safra anterior a área também foi cultivada com soja.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC),

contendo quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 parcelas. Avaliou-se a deposição de calda em função de dois equipamentos de pulverização (pulverizador de barra convencional e pulverizador dotado de barra auxiliar) e dois volumes de calda, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados

Barra de pulverização	Pontas	Pressão (kPa)	Volume de calda (L ha ⁻¹)
Barra auxiliar	Cone vazio (MGA 80005)	1020	50
Barra auxiliar	Cone vazio (MGA 8001)	1020	100
Barra convencional	Jato plano simples (AD 03)	207	150
Barra convencional	Jato plano simples (AD 03)	345	200

As pontas, as pressões e os volumes de calda empregados na aplicação com barra convencional foram escolhidos levando-se em consideração os tratamentos comumente utilizados pelos agricultores na região do ensaio, para aplicação de fungicida em soja. Por outro lado, para as escolhas na barra auxiliar, foram consideradas as recomendações de trabalho sugeridas pelo fabricante do equipamento.

As parcelas experimentais constaram de uma área de 100 m², sendo 10 m de comprimento e 10 m de largura. Como área útil, considerou-se 6 m de

comprimento e 6 m de largura, resultando em 36 m².

O equipamento utilizado para as aplicações foi um pulverizador hidráulico de arrasto, da marca Montana®, modelo Ranger 3000, com barra de pulverização de 18 m. A esta barra foi acoplada a barra auxiliar de pulverização denominada Kit Alvo® (Figura 1), constituída de um tubo, com tamanho proporcional à barra convencional do pulverizador, dotada de pontas de pulverização voltadas para trás, ao longo de sua extensão, com espaçamentos regulares entre os bicos.



Figura 1. Barra auxiliar acoplada ao pulverizador.

No interior do tubo há uma rede de canos que comunicam a calda até as pontas. Para o seu funcionamento, a barra convencional do pulverizador foi desativada e o equipamento foi acoplado à barra do pulverizador por meio de bastões flexíveis (figura 2). Para facilitar as operações, trabalhou-se apenas com

metade da barra. A velocidade de operação em todos os tratamentos foi mantida em $8,0 \text{ km h}^{-1}$. Para todos os tratamentos, o espaçamento entre bicos foi de 0,5 m. Previamente aos ensaios, foi feita calibração do equipamento para cada tratamento.



Figura 2. Detalhe dos bastões flexíveis que promovem a ligação entre a barra auxiliar e a barra principal do pulverizador.

Para a obtenção do espectro de gotas produzido pelos tratamentos aplicados, utilizaram-se etiquetas de papel hidrossensível, com dimensões de 76 x 26

mm, da marca Hypro®, desenvolvidas pela Syngenta Crop Protection. Para isto, foram colocadas quatro etiquetas hidrossensíveis em cada parcela antes da pulverização,

buscando mantê-las na posição horizontal e voltados para cima. Após a aplicação, estas foram recolhidas e armazenadas em envelopes, livres de umidade. Logo após a aplicação as etiquetas foram coletadas e protegidas dentro de envelopes de papel, devidamente identificados. Posteriormente foram digitalizadas com resolução espacial de 600 dpi não interpolados, com cores em 24 *bits*, em *scanner* da marca Hp®, modelo Hp Scanjet 2400. A análise das etiquetas de papel hidrossensível foi feita utilizando o programa computacional “CIR” (*Conteo y tipificación de impactos de pulverización*) versão 1.5/2002. Determinou-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (AR) e a percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (%<100).

A amplitude relativa foi determinada utilizando-se a equação 1:

$$AR = \frac{D_{v0,9} - D_{v0,1}}{D_{v0,5}}$$

(1)

Em que,

$D_{v0,1}$ - diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, µm;

$D_{v0,5}$ - diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (DMV), µm, e

$D_{v0,9}$ - diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, µm.

Para a avaliação da deposição e das perdas para o solo, foi adicionado à calda de aplicação um traçador composto do corante alimentício Azul Brilhante, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1, na dose de 300 g ha⁻¹, para ser detectado por absorvância em espectrofotometria.

Utilizou-se um espectrofotômetro, da marca Biospectro® e modelo SP-22, com cubetas de vidro de 3,5 ml e caminho óptico de 10 mm, com lâmpada de tungstênio-halogênio para realizar as leituras. A quantificação da coloração foi feita por absorvância em 630 nm, faixa de detecção do corante azul utilizado.

Imediatamente após a aplicação da calda em cada parcela, coletaram-se vinte folhas de plantas escolhidas ao acaso, sendo dez folhas do terço superior, a 70 cm de altura, e dez folhas no terço inferior, a 30 cm de altura. As folhas foram

acondicionadas em sacos plásticos, separados de acordo com a posição na planta, e armazenadas em caixa térmica para posterior manipulação em laboratório. A determinação de perdas de calda para o solo foi realizada por meio da distribuição, ao acaso, de duas placas de Petri de 307,72 cm² por parcela. Após a pulverização, as mesmas foram recolhidas e acondicionadas em caixa térmica para posterior quantificação do traçador.

Em laboratório, adicionou-se 100 mL de água destilada em cada saco plástico contendo as folhas de soja. Nas placas de Petri foram adicionados 50 mL de água destilada. Os mesmos foram fechados e agitados por 30 segundos para a homogeneização do corante presente nas amostras. Em seguida o líquido foi retirado e transferido para copos plásticos, os quais foram acondicionados em local refrigerado providos de isolamento luminoso por 24 horas para posterior leitura de absorvância no espectrofotômetro.

Com o uso de curva de calibração, obteve-se a equação: $y = 0,016x + 0,002$, em que y = absorvância e x = concentração ($R^2 = 99,9\%$), obtida por meio de soluções-padrão de corante, os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L⁻¹),

De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a massa de corante retida nas folhas de soja coletadas nas parcelas. O depósito total foi dividido pela área foliar de cada amostra, obtendo-se assim, a quantidade em µg de corante por cm² de área foliar. Para as perdas para o solo, o mesmo foi feito em relação à área das placas. A área das folhas foi medida com um medidor de área foliar marca ADC BioScientific Ltda, modelo AM 300.

As condições ambientais durante as aplicações foram monitoradas por meio de um termo-higro-anemômetro digital marca Kestrel® modelo 4000. A temperatura variou de 27,1°C a 30°C; a umidade relativa do ar variou de 53% até 65,8% e a velocidade do vento variou de 0,44 m s⁻¹ a 1,86 m s⁻¹.

Os resultados do espectro de gotas, deposição de calda e perdas para o solo foram primeiramente submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e de Levene com o auxílio do programa SPSS 17.0 (SPSS, 2008), para avaliar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. Procedeu-se, então, o teste de F por meio da análise de variância e quando pertinente às médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, a

0,05 de significância, com a utilização do programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Para a variável perdas para o solo, foi

aplicado o teste não-paramétrico de Friedman, visto que a variância não foi homogênea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado dos testes de normalidade e homogeneidade para as características estudadas encontram-se no Tabela 2. Observa-se que para todas as variáveis estudadas os resíduos apresentaram distribuição normal e as variâncias foram homogêneas, exceto as perdas para o solo que apresentaram variância heterogênea.

Os menores valores de DMV ocorreram nos tratamentos com o uso de pontas de jato cônico vazio, bem como a

maior porcentagem de gotas menores que 100 µm. Em relação à amplitude relativa (AR), o tratamento com pontas de jato cônico vazio e volume de 50 L ha⁻¹ proporcionou o menor valor de AR. Essas pontas, por sua própria característica construtiva e por estarem associadas a maiores pressões, produzem gotas finas (Tabela 3).

Tabela 2. Resultados dos testes de pressuposições da análise de variância

Variável	Normalidade	Homogeneidade
	Médias (significância)	
Deposição nas folhas superiores	0,915 (0,079)*	1,126 (0,368) ⁺
Deposição nas folhas inferiores	0,920 (0,101)*	1,918 (0,167) ⁺
Perdas para o solo	0,963 (0,614)*	8,026 (0,002) ^{ns}
DMV	0,893 (0,031)*	1,975 (0,158) ⁺
AR	0,970 (0,747)*	2,571 (0,090) ⁺
D _{v<100 µm}	0,935 (0,188)*	1,932 (0,165) ⁺

*Resíduos com distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk a 0,01 de significância.

⁺Variâncias homogêneas, ^{ns}variâncias heterogêneas pelo teste de Levene a 0,01 de significância.

Tabela 3. Diâmetro da mediana volumétrica (DMV, μm), amplitude relativa (AR) e percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm ($\%<100$) em função das pontas de pulverização adotadas.

Ponta de pulverização ¹	Volume de calda (L ha^{-1})	DMV (μm)	AR	$\%<100$ (%)
Cone vazio (MGA 80005)	50	84,61 b	0,75 a	70,07 c
Cone vazio (MGA 8001)	100	121,88 b	0,86 ab	26,54 b
Jato plano simples (AD 03)	150	349,14 a	1,19 b	3,73 a
Jato plano simples (AD 03)	200	277,63 a	1,18 b	6,49 a
CV (%)		14,61	18,93	28,49
F		85,359*	6,295*	81,111*

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; F: valor de F calculado. *Significativo a 0,05.

De acordo com Viana et al. (2010), espectros de gotas mais heterogêneos são notados em amplitudes relativas maiores. Amplitudes relativas tendendo a zero, por outro lado, figuram espectros de gotas mais homogêneos. Neste sentido, Ferreira (2003) afirma que a distribuição homogênea de um determinado diâmetro e número de gotas, provavelmente, possibilita o sucesso da aplicação, mesmo com a utilização de volumes reduzidos. No presente trabalho, os tratamentos com os volumes de 50 e 100 L ha^{-1} apresentaram

maior homogeneidade de tamanho das gotas quando comparados aos tratamentos com os maiores volumes. Esses resultados estão associados às pontas e às pressões de trabalho utilizadas, já que o espectro de gotas foi mais homogêneo com o emprego das pontas de jato cônico vazio.

Bueno et al. (2014), ao avaliarem a deposição de calda herbicida em plantas daninhas, promovida por duas tecnologias de aplicação, pulverizador de barra convencional e pulverizador com barra auxiliar, variando as pontas de

pulverização, jato cônico vazio e jato plano com indução de ar, e os volumes de aplicação, também verificaram menores valores de AR com a utilização de pontas de jato cônico, corroborando com o presente trabalho. Sobre isso, Stainier et al. (2006) afirmam que as pontas de jato cônico vazio e de jato plano produzem espectros de gotas muito diferentes.

As aplicações convencionais, nos dois volumes estudados, apresentaram porcentagens mais baixas de gotas menores que 100 μm , isto é, menores riscos de sofrer deriva. Esses resultados são devido à utilização da ponta de jato plano simples, que tem como característica a formação de gotas com diâmetros maiores do que as produzidas pela ponta de jato cônico vazio. Deve ser associado a isto os maiores DMVs encontrados nas aplicações com as pontas de jato plano simples, na tecnologia convencional.

De acordo com Bueno et al. (2011), quanto menor a porcentagem de gotas sujeitas à deriva, apesar de não haver um valor padrão, menores são os riscos de perdas. Cunha et al. (2003), por sua vez, afirmam que valores abaixo de 15% de volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm podem implicar em pulverizações mais seguras. É necessário destacar que a

maior proximidade da barra auxiliar com o solo e com o terço inferior da cultura pode proporcionar menor influência dos ventos sobre as gotas, já que a calda leva menos tempo para ser depositada no alvo. Contudo, é importante ressaltar que neste estudo não foi realizada a avaliação de deriva a campo.

Na Tabela 4, nota-se que a deposição de calda nas folhas superiores e inferiores das plantas de soja foi maior nos tratamentos com uso da barra auxiliar no volume de 100 L ha⁻¹, contudo não se diferiu dos tratamentos com uso apenas da barra principal nos dois volumes estudados. O tratamento com uso da barra auxiliar no volume de 50 L ha⁻¹, apresentou o menor valor de deposição nas folhas. Esses resultados mostram que a redução no volume de calda para 100 L ha⁻¹ é viável em relação à deposição, em todo o dossel da planta. No entanto, a redução para 50 L ha⁻¹, como verificado, comprometeu a qualidade da aplicação, já que a deposição nas plantas foi inferior aos tratamentos convencionais. Como a cultura já se apresentava em estágio reprodutivo, com uma alta quantidade de massa foliar, o volume reduzido utilizando a barra auxiliar foi insuficiente para proporcionar boa deposição de calda nas folhas da cultura.

Tabela 4. Quantidade de traçador ($\mu\text{g cm}^{-2}$) nas folhas superiores e inferiores de plantas de soja em função da aplicação com e sem o uso de uma barra auxiliar de pulverização, em diferentes volumes de calda.

Barra de pulverização ¹	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Folhas superiores ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Folhas inferiores ($\mu\text{g cm}^{-2}$)
Barra auxiliar	50	0,568 b	0,523 b
Barra auxiliar	100	2,719 a	0,947 a
Convencional	150	1,370 ab	0,741 ab
Convencional	200	1,065 ab	0,716 ab
CV (%)		73,1	24,32
F		3,874*	4,751*

¹Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; F: valor de F calculado. * Significativo a 0,05

Cunha et al. (2006), ao avaliarem o controle químico da ferrugem asiática e a deposição de calda fúngica na cultura da soja, em função dos volumes de aplicação de 115 e 160 L ha⁻¹ e tipos das pontas de pulverização jato plano padrão, jato plano de pré-orifício, jato plano de indução de ar e jato plano duplo de indução de ar, verificaram que o maior volume proporcionou maior retenção de calda no dossel das plantas, seja na parte superior ou inferior das mesmas. De acordo com estes autores, o incremento do volume de aplicação favorece o aumento de calda retida na planta até certo ponto, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer o escoamento, o que não é desejável.

Debortoli et al. (2012), ao avaliarem quatro espectros de gotas de pulverização, muito fino, <119 μm ; fino, 119 a 216 μm ; médio, 217 a 352 μm ; e grosso, 353 a 464 μm , em quatro cultivares de soja, BMX Apollo RR, NA 7636 RR, Fcep 53 RR e TMG 4001 RR, verificaram que, em geral, espectros de gotas muito finos e finos proporcionaram maior deposição de gotas que espectros médios e grossos, semelhante ao presente trabalho. Além disso, os mesmos autores também verificaram maior deposição de calda no terço superior das plantas. Quanto à penetração no dossel de plantas de soja, Wolf e Daggupati (2009) afirmam que a densidade de folhas é o fator que mais influencia. Por isso, vale ressaltar que no

presente estudo, a soja encontrava-se em R6, o que pode explicar os resultados.

Com relação às perdas para o solo, não houve diferença entre os tratamentos avaliados, independente do equipamento de pulverização e do volume de calda

aplicado (Tabela 5). Vale ressaltar que o emprego da barra auxiliar pode proporcionar maiores capacidades operacionais, devido aos menores consumos de calda, o que se traduz em redução de custos operacionais.

Tabela 5. Perdas para o solo (μg de traçador cm^{-2}) em função da aplicação com e sem o uso de uma barra auxiliar de pulverização.

Barra de pulverização ¹	Volume de calda (L ha^{-1})	Perdas para o solo ($\mu\text{g cm}^{-2}$)
Barra auxiliar	50	0,038
Barra auxiliar	100	0,125
Convencional	150	0,081
Convencional	200	0,046
CV (%)		76,8
<i>H</i>		5,16 ^{ns}

¹Teste de Friedman não significativo ($p < 0,05$). *H*: Estatística do teste de Friedman. ^{ns} não significativo.

Normalmente, esperam-se maiores escorrimentos nas aplicações com volumes de calda maiores. Contudo, este parâmetro relaciona-se diretamente com a estrutura do alvo e o índice de área foliar, isto é, quando a área foliar não é suficiente para reter o volume de calda, pode ocorrer escorrimento. Sobre isso, Souza et al. (2012), em estudo de deposição do herbicida 2,4-D Amina em plantas infestantes aplicado com as pontas de

pulverização de jato plano duplo de pré-orifício, jato plano defletor e jato plano defletor com indução de ar e os volumes de aplicação de 80 e 130 L ha^{-1} , afirmaram que alvos com pequeno índice de área foliar podem promover mais facilmente escorrimento e perdas para o solo. De fato, maiores volumes permitem uma distribuição do produto na planta, no entanto esta condição aumenta os riscos de contaminação do solo, devido à

possibilidade da não retenção da calda nas folhas (DERKSEN; SANDERSON, 1996; SOUZA et al., 2011; BUENO et al., 2014).

Ao avaliarem as perdas para o solo em controle de plantas daninhas com pulverizador de barra convencional, com 100 e 150 L ha⁻¹, e pulverizador com barra auxiliar, com 30 e 50 L ha⁻¹, Bueno et al. (2014) verificaram maiores perdas com a utilização da barra convencional do pulverizador, ao contrário dos presentes resultados. No entanto, pelo fato de no presente experimento a cultura estar em estágio avançado de desenvolvimento, com grande cobertura foliar, a retenção da calda no dossel não permitiu diferenças entre os tratamentos nas perdas para o solo.

CONCLUSÕES

As pontas de jato cônico vazio, empregadas na barra auxiliar, promoveram os menores valores de DMV e AR, contudo levaram a maior porcentagem de gotas sujeitas a deriva. O inverso ocorreu para as pontas de jato plano simples, utilizadas no pulverizador convencional.

A deposição de calda nas folhas superiores e inferiores das plantas de soja utilizando-se a barra auxiliar com pontas de jato cônico vazio no volume de 100 L ha⁻¹ foi semelhante às aplicações com barra convencional, empregando pontas de jato

plano, demonstrando viabilidade do uso deste equipamento quanto a este quesito.

Não houve diferença com relação às perdas de calda para o solo independente da tecnologia adotada.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Deposição de calda em diferentes posições da planta e produtividade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com o uso de barra auxiliar de pulverização. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12; p. 1-8, 2011.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Estudo do espectro de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre na cultura da batata. **Revista de Ciências Agrárias**, Uberlândia, v. 54, n. 3, p. 225-234, 2011.
- BUENO, M. R. Tecnologia de aplicação aérea e terrestre na cultura da batata. 2011. 72f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NAVES, M. G.; TAVARES, R. M. Deposição de calda e controle de plantas

daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 447-454, 2014.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 325- 332, 2003.

CUNHA, J.P.A.R. da; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F.; FERNANDES, H.C. 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 e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n.1, p.127-138, 2005.

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

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de

pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

DEBORTOLI, M. P.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; DALLA FAVERA, D.; STEFANELLO, M. T.; PINTO, F. F.; UEBEL, J. D. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática-da-soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 922-929, 2012.

DERKSEN, R. C.; SANDERSON, J. P. Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 1, p. 5-9, 1996.

FERREIRA, M. C. Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros. 2003. 64 f. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) –

Universidade Estadual Paulista,
Jaboticabal, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GARCERÁ, C.; CHUECA, P.; MOLTÓ, E. Effect of spray volume of two organophosphate pesticides on coverage and on mortality of California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). **Crop Protection**, London, v. 30, n. 6, p. 693–697, 2011.

GULER, H.; ZHU, H. E.; KERSEN, R. C.; YU, Y.; KRAUSE, C. R. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-flan nozzles. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.

MATTHEWS, G. A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J. M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. **Plant pathologists pocketbook**. London: CAB, 2002. p. 345-353.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. **Tecnologia de**

aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos de aplicação. In: ABEAS – Curso de proteção de plantas. Módulo 2. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV; 2005. 85 p. (Apostila).

NAVARINI, L. Resposta de cultivares de soja ao controle químico de ferrugem asiática. 2008, 74 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

OLIVEIRA, A. R.; FORCELINI, C.A.; BOLLER, W.; BLUM, R.; LOPES, A. Efeitos de fungicidas, doses e volumes de calda no controle químico da ferrugem da folha da aveia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3, Botucatu, 2004, **Anais...** Botucatu: UNESP, p.148-151, 2004.

PINTO, J. R.; LOECK, A. E.; SOUZA, R. T.; LOUZADA, R. S. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 105-107, 2007.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C.
Deposição e perdas da calda em feijoeiro em aplicação com assistência de ar na barra pulverizadora. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 309-315, 2004.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; ALVARENGA, C. B. de. Desempenho operacional de pontas hidráulicas na determinação de parâmetros da pulverização hidropneumática. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 8-15, 2012.

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

SIDAHMED, M. M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 3, p. 531-536, 1998.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. A. R.; PAVANIN, L. A. Eficácia e perda do herbicida 2,4-D amina aplicado com diferentes volumes de calda e pontas de pulverização. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p.1149-1156, 2011.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. A. R.; PAVANIN, L. A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 78-85, 2012.

SPSS Inc. **SPSS Statistics for Windows**, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc., 2008.

STAINIER, C.; DESTAIN, M. F.; SCHIFFERS, B.; LEBEAU, F. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. **Crop Protection**, London, v. 25, n. 12, p. 1238-1243, 2006.

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**

TAVARES, R. M., et al.

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

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design

with field experiments. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.

WOLF, R.E.; DAGGUPATI, N.P. Nozzle type effect on soybean canopy penetration. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.25, n. 1, p.23-30, 2009.