



ARTIGO ORIGINAL

Cleyton Batista de Alvarenga^{1*}
Mauri Martins Teixeira²
Paulo Roberto Cecon²
Dalmo Lopes de Siqueira²
Robson Shigueaki Sasaki²
Denílson Eduardo Rodrigues²

¹Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT,
Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,
Av. Alexandre Ferronato, 1200, Reserva 35,
Distrito Industrial, 78557-267, Sinop, MT, Brasil
²Universidade Federal de Viçosa – UFV,
36571-000, Viçosa, MG, Brasil

Autor Correspondente:
*E-mail: cleytonbatista@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Condições meteorológicas
Momento da aplicação
Jorro transportado
Tecnologia de aplicação

KEYWORDS

Meteorological conditions
Moment of application
Jet transported
Application technology

Déficit de pressão de vapor d'água no ar na distribuição de líquido utilizando um pulverizador hidropneumático

Vapor pressure deficit in the air affecting liquid distribution utilizing a hydropneumatic sprayer

RESUMO: A pulverização de agrotóxicos exige conhecimento das condições meteorológicas antes, durante e após as operações no campo. Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do déficit de pressão de vapor d'água no ar, nos parâmetros da pulverização produzidos pela ponta de jato cônico vazio JA-2, na cultura da laranja. A pulverização foi realizada utilizando-se um pulverizador hidropneumático. A análise das gotas foi realizada por meio do analisador de partículas a *laser* e das etiquetas hidrossensíveis. Para a determinação do volume de calda, empregou-se o método do volume de copa baseado nas dimensões das árvores no talhão. Na seleção do índice volumétrico, considerou-se o volume da copa e o histórico de volume de calda pulverizado na área, sendo adotado 50 mL m⁻³. O volume de calda pulverizado foi de 696 L ha⁻¹. O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados com três tratamentos e três repetições. A maior percentagem de cobertura do alvo foi de 33% no intervalo de déficit de pressão de vapor d'água no ar de 1,38 a 1,45 kPa. A maior densidade de gotas foi de 341 gotas cm⁻², no intervalo de déficit de pressão de vapor d'água no ar de 2,10 a 2,17 kPa. A maior deposição da calda sobre as folhas foi de 2,6 µL cm⁻², observados no déficit de pressão de vapor de 0,76 a 0,86 kPa.

ABSTRACT: *Spraying of pesticides requires knowledge of weather conditions prior to, during and after operations in the field. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of vapor pressure deficit in the air on the spraying parameters generated by the hollow cone nozzle JA-2 on orange trees. Spraying was performed using a hydropneumatic sprayer. Analysis of spray drops was performed using a laser particle analyzer and water-sensitive paper. To determine spray volume, the volume overlap method was used based on the dimensions of the trees in the plantation. For selecting volume index, the crown volume and history of volume sprayed on the area were considered adopting a volume of 50 mL m⁻³. The total volume sprayed was 696 L ha⁻¹. The experiment was arranged in a randomized block design with three treatments and three replications. The highest percentage of target coverage was 33% in the interval for vapor pressure deficit in the air between 1.38 and 1.45 kPa and the highest droplet density was 341 drops cm⁻² for vapor pressure deficit in the air ranging from 2.10 to 2.17 kPa. The highest solution deposition on leaves was 22.6 µL cm⁻², observed for the vapor pressure deficit ranging from 0.76 to 0.86 kPa.*

1 Introdução

A laranja é originária da Ásia e foi trazida para o Brasil em 1500, se tornando um dos principais produtos de exportação. O Brasil é o principal produtor, representando aproximadamente 25% da produção mundial. Apenas no Estado de São Paulo e na Região do Triângulo Mineiro, o Brasil produz 53% de todo o suco de laranja produzido no mundo, sendo responsável por 85% da exportação mundial de suco de laranja (CITRUS BR, 2012). O Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG) afirma que as vendas de agrotóxicos encerraram o ano de 2011 com crescimento de 10% sobre o faturamento de 2010, passando de 7,3 para 8 bilhões de dólares. A expectativa da entidade para 2012 é que as vendas cresçam mais 5%. Entre as frutas, os citros apresentaram os maiores gastos com agrotóxicos em 2010, representando 31% do montante, com destaque para os acaricidas. A citricultura é a atividade que mais demanda este tipo de agrotóxico no país, em razão do elevado índice de incidência do vírus da leprose dos citros (HORTIFRUTI BRASIL, 2011).

A laranjeira é atacada por um grande número de insetos e patógenos, cujo controle é feito, basicamente, utilizando-se pulverizadores hidropneumáticos. A redução no volume de calda na pulverização tem sido uma tendência para a maioria dos tratamentos fitossanitários em todo o mundo, sendo econômica e ambientalmente vantajosa. Além disso, não compromete a eficácia dos tratamentos, desde que a tecnologia de aplicação seja empregada adequadamente (CHUECA; GRAFTON-CARDWELL; MOLTÓ, 2009).

A eficiência da pulverização de agrotóxicos depende de fatores característicos da cultura, tais como a estrutura do dossel, o estágio fenológico, a variedade, as técnicas de aplicação, as condições meteorológicas e o volume e as doses de aplicação. A combinação destes permite alcançar a eficácia e a eficiência desejadas (LLORENS et al., 2010). O fato de os agrotóxicos constituírem a principal estratégia para o controle de pragas colocou o Brasil entre os maiores consumidores do mundo. A utilização e a consequente contaminação dos alimentos são preocupações constantes, no âmbito da saúde pública.

A área foliar de uma planta pode aumentar, significativamente, durante seu desenvolvimento. Portanto, o volume de calda não pode ser um valor fixo por hectare. À medida que o volume da copa das plantas se altera com o desenvolvimento fenológico da espécie, recomenda-se o ajuste do volume de calda a ser pulverizado. Na Europa, utiliza-se o Índice Volumétrico (IV), que representa o volume de calda necessário para cobrir adequadamente o volume correspondente a um metro cúbico de copa. Segundo Homer, Olivet e Riquelme (2010), em zonas frutícolas dos Estados Unidos, especificamente em lavouras de maçã, o índice volumétrico foi ajustado em aplicações de alto volume para 93,7 mL m⁻³. Os autores mencionam ainda o índice de ajuste de densidade foliar entre 0,7, para árvores com copa pouco densa, e 1,0, para árvores com copas muito densas; este índice considera os estádios fenológicos, o tipo de manejo adotado no cultivo, o tamanho das plantas e a intensidade da poda. As dimensões da planta foram utilizadas por Walklate, Cross e Pergher (2011), para determinar o volume de pulverização.

A caracterização estrutural do volume de plantas pode ser realizada por meio de detecção, utilizando-se técnicas de análise de imagem, análise do espectro de luz infravermelho, termografia e radiação por meio de ultrassom, que se reflete nas folhas e galhos, e volta para o instrumento. O sensor LIDAR, quando utilizado juntamente com sensores multiespectrais, pode fornecer detalhes em três dimensões da cobertura vegetal, permitindo o cálculo do volume da copa das plantas (ROSELL et al., 2009).

A evaporação das gotas, contendo ingrediente ativo de agrotóxicos, tem sido motivo de grande preocupação por parte da sociedade, uma vez que as moléculas de agrotóxicos podem retornar à superfície da terra por meio da água das chuvas e provocar danos à saúde dos seres humanos e animais, afetar a qualidade do meio ambiente e se tornar um caso de segurança alimentar. Esta preocupação já foi retratada por Pignati, Machado e Cabral (2007), que relataram o caso de chuvas de agrotóxicos em Lucas do Rio Verde, no Estado do Mato Grosso.

Na aplicação de agrotóxicos para controle de insetos e patógenos, não é o bastante a preocupação em controlar apenas a praga. Exige-se qualidade na aplicação, que vai além da eficácia de controle. É necessário proteger o meio ambiente, preservar a qualidade dos alimentos e a saúde dos operadores. Nos últimos anos, com a pressão da sociedade para reduzir a utilização dos agrotóxicos, o homem tem enfrentado o desafio de assegurar a produção de alimentos e a sustentabilidade da agricultura. Com o aumento da população mundial, atender à demanda por alimentos dependerá do desenvolvimento de novas tecnologias no setor agrícola, pois aumentar a produtividade e atender aos padrões mundiais de segurança alimentar constituem fator decisivo para a competitividade da produção agrícola brasileira.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência do déficit de pressão de vapor d'água no ar nos parâmetros da pulverização produzida pela ponta de jato cônico vazio JA-2, na cultura da laranja.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola e em pomar de laranja do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, Estado de Minas Gerais.

O experimento foi montado no delineamento de blocos casualizados com três tratamentos e três repetições, constituídos por duas plantas cada. A pulverização foi realizada utilizando-se um pulverizador hidropneumático, marca Hatsuta, modelo SS-420, equipado com bomba de pistão, modelo S60, e um ventilador axial de 700 mm de diâmetro, acoplado a um trator New Holland, modelo TL75E, com potência nominal de 55,2 kW (75 cv), trabalhando com 540 rpm na tomada de potência, aferida utilizando-se um tacômetro digital Instruterm, modelo TDR-100.

O critério para a determinação do volume de calda foi baseado no volume da copa das árvores, descrito por Sutton e Unrath (1988), sendo esta metodologia pouco utilizada no Brasil. A determinação do volume de calda pelo método do volume de copa baseou-se na medida das dimensões

das árvores no talhão, utilizando-se uma haste graduada. O ensaio foi conduzido em um laranjal, conduzido sem poda, da variedade Pêra Rio, com porta-enxertos da variedade Limão Cravo, apresentando copas com as dimensões médias de 2,65 metros de altura, 2,1 metros de diâmetro e espaçamento entre linhas de 4 × 4 m. A partir destas informações, fez-se o cálculo do volume da copa das plantas na área (Equação 1).

$$VC = \frac{HD}{E} 10000 \quad (1)$$

em que: VC = volume da copa das plantas ($m^3 ha^{-1}$); H = altura da planta (m); D = diâmetro da copa (m); E = espaçamento entre linhas (m).

O índice volumétrico pode ser influenciado pelo volume da copa, pelo nível de infestação e pelas condições meteorológicas no momento da pulverização. Entretanto, esse índice deve ser selecionado, principalmente, com base no conhecimento do histórico da área e do volume suficiente para proporcionar uma boa cobertura das plantas. A seleção do índice volumétrico foi realizada levando-se em consideração o volume da copa e o histórico de volume de calda pulverizado na área, sendo o índice adotado igual a $50 mL m^{-3}$. A velocidade e a pressão de trabalho foram de $2,8 km h^{-1}$ e $1.055 kPa$, respectivamente. Após a determinação do volume da copa e da seleção do índice volumétrico, determinou-se o volume de pulverização (Equação 2). O índice de área foliar foi medido por um

ceptômetro AccuPar, modelo LP-80, em todas as plantas utilizadas no experimento.

$$VP = \frac{VC IV}{1000} \quad (2)$$

em que: VP = volume de pulverização ($L ha^{-1}$); VC = Volume da copa ($m^3 ha^{-1}$); IV = índice volumétrico ($mL m^{-3}$).

Na determinação do tamanho das gotas, utilizaram-se etiquetas hidrossensíveis posicionadas no plano horizontal da planta, nas posições (norte, sul, leste e oeste), em três alturas do dossel (inferior, mediana e superior) e três profundidades na copa (externa, mediana e interna) (Figura 1). Esta metodologia também foi utilizada por Celen (2008).

As etiquetas foram digitalizadas utilizando-se uma máquina fotográfica de $12.0 megapixels$, marca Nikon, modelo Coolpix L22, posicionada a 0,1 metro de altura, e analisadas com o auxílio do *software* para análise de gotas *Image Tool 3.0*. O diâmetro das gotas foi corrigido pelo fator de espalhamento, indicado para os papéis hidrossensíveis, de acordo com as recomendações do fabricante (SYNGENTA, 2002). A quantidade de gotas na superfície da folha foi considerada ideal para a pulverização de produtos fitossanitários, segundo as recomendações propostas por Barthelemy et al. (1990), no controle de insetos e patógenos.

A amplitude relativa foi determinada após o processamento das imagens. O diâmetro da mediana volumétrica e a amplitude relativa foram analisados, na caracterização da qualidade da

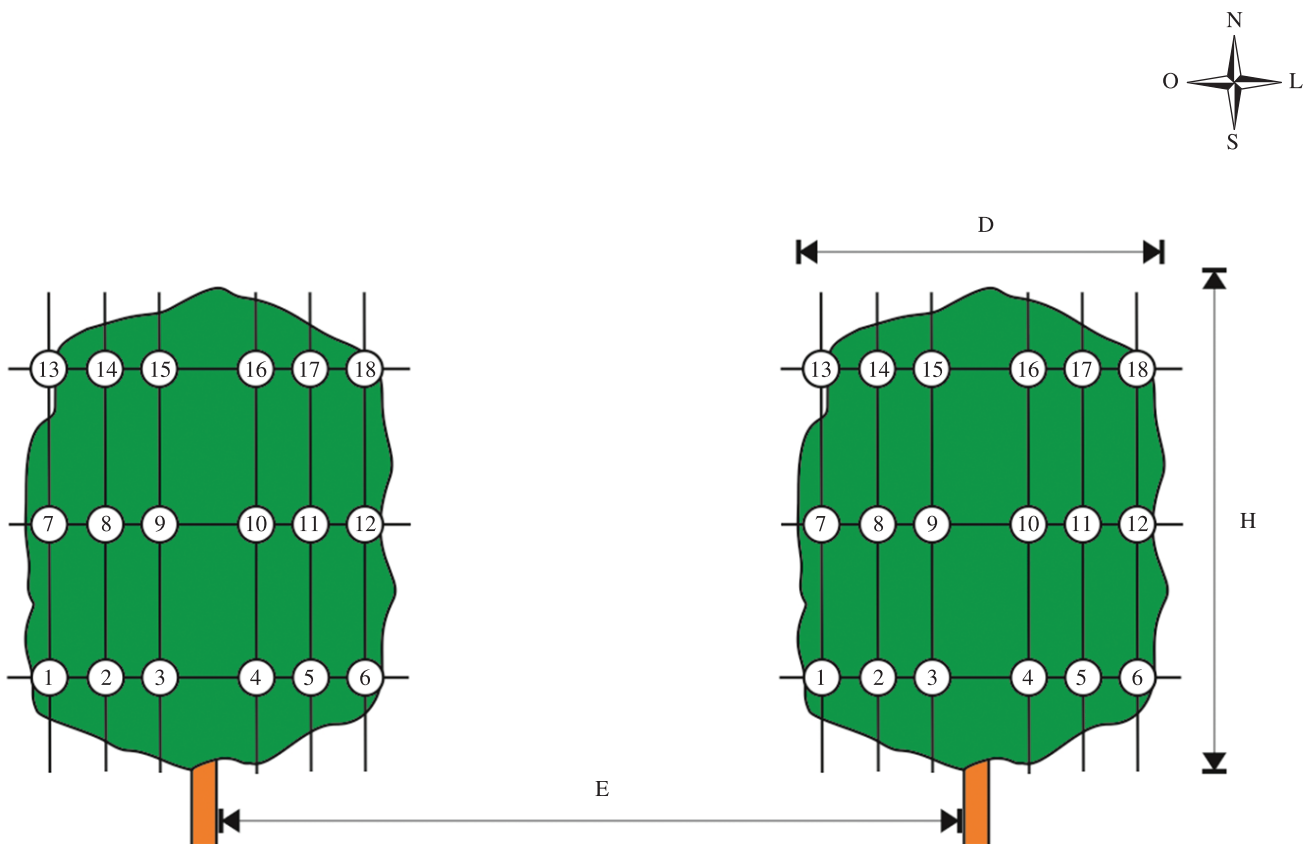


Figura 1. Esquema da disposição das etiquetas na planta.

aplicação. A amplitude relativa indica a homogeneidade do tamanho de gotas (Equação 3).

$$SPAN = \frac{D_{V0,9} - D_{V0,1}}{D_{V0,5}} \quad (3)$$

em que: SPAN = amplitude relativa do espectro de gotas; $D_{V0,9}$ = diâmetro da gota, tal que 90% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que este valor (μm); $D_{V0,5}$ = diâmetro da gota, tal que 50% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que este valor (μm); $D_{V0,1}$ = diâmetro da gota, tal que 10% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que este valor (μm).

A calda de pulverização foi composta por água e corante Azul Brilhante (FD & C nº 1), na proporção de 3,0 g L⁻¹. As folhas foram coletadas após o término da pulverização e acondicionadas, individualmente, em sacos plásticos, e levadas ao laboratório. Posteriormente, foram lavadas em 30 mL de água destilada, sendo agitadas, por 30 segundos, para remoção do corante da folha. A solução foi analisada em espectrofotômetro, modelo SP-1105, obtendo-se a absorvância no comprimento de onda de 630 nm, conforme proposto por Palladini, Raetano e Velini (2005) e Scudeler et al. (2004). Para a análise da deposição, a área das folhas foi mensurada em aparelho específico, marca Licor, modelo LI-3100.

Ao correlacionar a concentração do corante, na solução de lavagem das amostras, com a obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo (Equação 4). Após a determinação do volume capturado e da área foliar, determinou-se a concentração de corante nas folhas, utilizando-se a metodologia proposta por Scudeler et al. (2004), Palladini, Raetano e Velini (2005) e Souza, Velini e Palladini (2007).

$$C_i V_i = C_f V_f \quad (4)$$

em que: C_i = concentração do corante na calda aplicada (mg L⁻¹); V_i = volume capturado pelo alvo (mL); C_f = concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorvância e transformada para (mg L⁻¹); V_f = volume de diluição da amostra (mL).

O volume de calda pulverizado foi de 696 L ha⁻¹ e as condições de déficit de pressão de vapor d'água no ar foram estabelecidas de acordo com as recomendações para as condições meteorológicas no momento da pulverização (Tabela 1).

Nas condições meteorológicas acima de três quilopascals de déficit de pressão, a pulverização seria interrompida, caso esta situação fosse encontrada no campo.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Condições psicrométricas para a realização das pulverizações.

Tratamentos	Déficit de pressão (kPa)
1	DPV < 1,0 ± 0,05
2	1,0 < DPV < 2,0 ± 0,05
3	2,0 < DPV < 3,0 ± 0,05

3 Resultados e Discussões

As condições meteorológicas, no dia 31 de outubro de 2011, para a análise do déficit de pressão entre zero e 1 kPa, foram: temperatura média de 25 °C, umidade relativa média de 78% e déficit de pressão variando entre 0,76 e 0,86 kPa. Já a pulverização no déficit de pressão entre um e dois quilopascal, realizada no dia 3 de novembro de 2011, apresentou temperatura média de 22 °C, umidade relativa média de 46% e déficit de pressão de 1,38 a 1,45 kPa. A condição de déficit de pressão mais crítica, obtida no dia 8 de novembro de 2011, apresentou temperatura média de 27 °C, umidade relativa média de 41% e déficit entre 2,10 e 2,17 kPa. Durante todo o experimento, as pulverizações foram realizadas com velocidade do vento abaixo de 2 m s⁻¹. O índice de área foliar no pomar em questão foi de 2,87. Este parâmetro permite que seja feita comparação entre lavouras, em diferentes lugares, pela densidade da copa.

A análise dos efeitos do déficit de pressão no espectro de gotas da pulverização de agrotóxicos demonstrou que houve efeito significativo para todos os parâmetros analisados, exceto para o diâmetro da mediana volumétrica. O tamanho de gotas em alvos artificiais é bastante influenciado pelo comportamento das gotas sobre sua superfície e a coalescência e a sobreposição de gotas são frequentes quando se empregam etiquetas hidrossensíveis.

O coeficiente de homogeneidade (CH) das gotas foi maior quando o déficit de pressão variou de 0,76 a 0,86 kPa. Na condição de déficit de pressão mais amena, o CH foi de 5,3, ou seja, superior ao observado na condição meteorológica mais crítica (Tabela 2).

A homogeneidade das gotas, em condições críticas de déficit de pressão, diminuiu em função da extinção de gotas pequenas. A extinção total das gotas ocorre em situações em que a temperatura e a umidade relativa do ar são desfavoráveis à

Tabela 2. Parâmetros da pulverização em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar.

Parâmetros	Déficit de pressão (kPa)		
	0,76 a 0,86	1,38 a 1,45	2,10 a 2,17
Coefficiente de homogeneidade	5,3a	4,5b	4,5b
C. V. (%)		32,70	
Cobertura (%)	23c	33a	27b
C. V. (%)		34,44	
Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)	249b	260b	341a
C. V. (%)		27,12	
$D_{V0,9}$ (μm)	605a	576a	506b
C. V. (%)		17,79	
$D_{V0,1}$ (μm)	149a	133b	129b
C. V. (%)		22,27	
Amplitude relativa	1,5b	1,4b	1,0a
C. V. (%)		19,74	
Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)	2,6a	1,2b	1,0b
C. V. (%)		52,65	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

pulverização. Alguns fatores, como a distância entre o ponto de lançamento e o alvo, podem agravar esta situação, pois o tempo de exposição da gota à condição de maior poder evaporativo contribui para sua perda. Os valores desse coeficiente permaneceram dentro do limite estabelecido como adequado para pontas de jato cônico vazio, de 1,8 a 5,0, sugeridos por Teixeira (2010). Minguela e Cunha (2010) afirmam que valores de coeficiente de homogeneidade inferiores a 1,4 podem ser considerados adequados para a pulverização.

A percentagem de cobertura do alvo foi maior quando o déficit de pressão de vapor esteve no intervalo entre 1,38 e 1,45 kPa (Tabela 2).

Os maiores déficits de pressão de vapor proporcionaram um aumento da percentagem de cobertura. Isso ocorreu pelo fato de as gotas sofrerem uma redução no tamanho e, conseqüentemente, aumentarem a percentagem de cobertura do alvo. Entretanto, em todos os déficits de pressão, a percentagem de cobertura apresentou valores considerados satisfatórios para o controle fitossanitário, corroborando os resultados obtidos por Ramos et al. (2007), sem prejuízos ao controle fitossanitário na cultura da laranja. Segundo Minguela e Cunha (2010), a experiência tem demonstrado que percentagens de cobertura entre 20 e 30% são suficientes para um bom controle fitossanitário.

A densidade de gotas foi maior quando o déficit de pressão de vapor esteve entre 2,10 e 2,17 kPa. Neste intervalo, a densidade de gotas foi 341 gotas.cm⁻², sendo maior do que nos intervalos de déficit de pressão entre 0,76 e 0,86 kPa, e entre 1,38 e 1,45 kPa (Tabela 2).

Nas condições mais críticas de evaporação, no intervalo de 2,10 a 2,17 kPa, as gotas evaporaram bastante, reduzindo seu tamanho, tal como evidenciado por Minguela e Cunha (2010). Entretanto, este efeito evaporativo pode, em determinadas situações, extinguir as gotas completamente antes de alcançarem o alvo, exercendo uma influência prejudicial à eficiência da pulverização. A população de gotas foi superior aos valores recomendados por Barthelemy et al. (1990), para o controle de insetos e patógenos.

A densidade de gotas e a percentagem de cobertura são parâmetros afetados pelas seguintes aspectos: o diâmetro da mediana volumétrica, o volume de calda, o $Dv_{0,9}$ e o $Dv_{0,1}$, o fluxo de vento, o tipo de ponta, a arquitetura da planta, a pilosidade e a cerosidade da folha, entre outros, corroborando com Derksen et al. (2007).

O $Dv_{0,9}$ foi maior quando o déficit de pressão de vapor variou de 0,76 a 0,86 kPa. No intervalo de déficit de 2,10 a 2,17 kPa, o tamanho de gotas foi de 506 µm, sendo menor do que o obtido nos déficits de 0,76 a 0,86, e de 1,38 a 1,45 kPa (Tabela 2).

Estes resultados reforçam o efeito do déficit de pressão no espectro de gotas da pulverização. Observou-se que, em condições mais críticas de déficit de pressão, a evaporação foi maior e as gotas tiveram seu tamanho reduzido. Acima do $Dv_{0,9}$, o espectro de gotas é composto, geralmente, por um número pequeno de gotas.

O $Dv_{0,1}$ apresentou maior valor no intervalo de déficit de pressão entre 0,76 e 0,86 kPa. No intervalo de déficit de pressão entre 0,76 e 0,86 kPa, o $Dv_{0,1}$ foi de 149 µm, sendo maior do que o observado na condição de déficit de pressão de vapor entre 1,38 e 1,45, e de 2,10 a 2,17 kPa (Tabela 2).

Embora as gotas pequenas sejam importantes para a eficácia dos tratamentos fitossanitários, observa-se que à medida que se realiza a pulverização em condições meteorológicas adversas e não se seleciona a ponta adequada a cada condição, há grandes perdas econômicas para o produtor. A sociedade e o meio ambiente também são afetados, uma vez que resíduos de agrotóxicos são transportados até longas distâncias, tornando-se, em alguns casos, uma questão de saúde pública. Esta é a classe do espectro de gotas que mais sofre os efeitos das condições adversas, corroborando os resultados de Gil et al. (2007).

O $Dv_{0,9}$ e o $Dv_{0,1}$ são parâmetros ainda pouco estudados no Brasil e seus efeitos, na pulverização de agrotóxicos, são pouco discutidos nos trabalhos de pesquisa. Na maioria das vezes, se esmeram mais no estudo do diâmetro da mediana volumétrica. Estes dois parâmetros foram utilizados para a determinação do Span, que indica a amplitude do espectro de gotas da pulverização. Quanto mais próximos os valores de $Dv_{0,9}$ e $Dv_{0,1}$, mais homogêneo foi o espectro da população de gotas. Apesar de, neste trabalho, o diâmetro da mediana volumétrica não ter sido influenciado significativamente pelas condições meteorológicas, Yu et al. (2009), em seus trabalhos, obtiveram resultados que demonstram os efeitos da temperatura e da umidade relativa no tamanho das gotas.

A amplitude relativa das gotas foi menor quando as condições psicrométricas foram mais críticas, no intervalo de déficit de pressão entre 2,10 e 2,17 kPa, sendo constatado que, nesta condição, o Span foi inferior aos observados nos intervalos de déficit de pressão de vapor de 0,76 a 0,86 e de 1,38 a 1,45 kPa (Tabela 2).

A redução da amplitude relativa nas condições mais críticas ocorreu porque todo o espectro foi reduzido; assim, mesmo ocorrendo a extinção de algumas gotas que compunham o $Dv_{0,1}$, permitiu-se que este parâmetro apresentasse menores valores na pior condição. Segundo Hewitt et al. (2006), este parâmetro é um dos melhores indicadores da homogeneidade da pulverização. Em valores absolutos, quanto maior o valor da amplitude relativa, mais desuniformes serão as gotas, concordando com Cunha, Bueno e Ferreira (2010); e, quanto mais próximos de zero, mais uniforme o espectro.

A determinação da absorvância da calda, contendo o traçador, utilizando-se o espectrofotômetro, foi realizada para servir de referência aos depósitos de líquido na planta, a partir de uma amostra da calda obtida diretamente no tanque, para cada déficit de pressão de vapor (Figura 2).

A deposição da calda na planta foi maior nas condições mais amenas de déficit de pressão de vapor, na faixa entre 0,76 e 0,86 kPa. Os resultados indicaram que, nesta condição, a deposição foi superior àquela observada nos déficits de 1,38 a 1,45 e de 2,10 a 2,17 kPa, respectivamente (Tabela 2).

A maior deposição no intervalo de déficit de pressão, 0,76 a 0,86 kPa, é um indicativo de que, em condições meteorológicas favoráveis, consegue-se com maior facilidade colocar o produto no alvo. Já em condições adversas, em razão da grande taxa de evaporação, o agricultor deve buscar alternativas que possibilitem a chegada das gotas à planta.

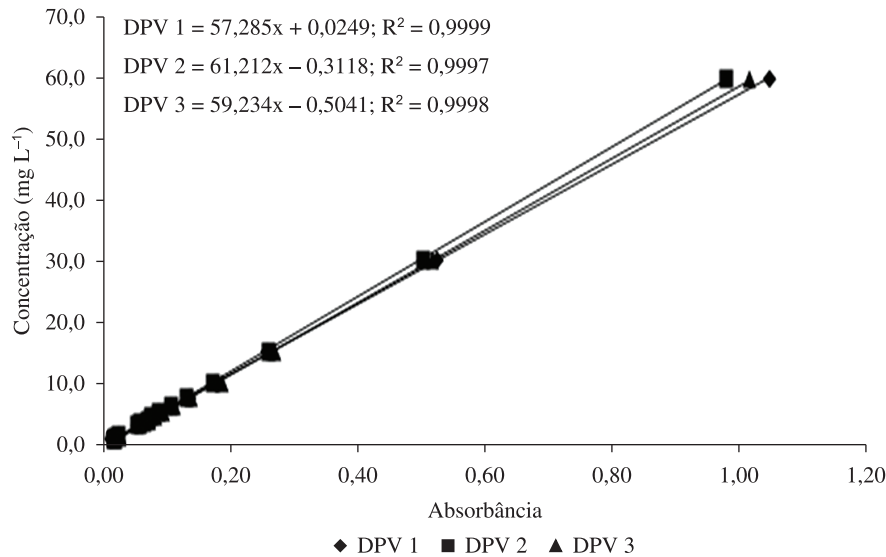


Figura 2. Absorbância da calda contendo o traçador obtido com o espectrofotômetro.

A copa das plantas tem papel fundamental na penetração da calda em seu interior. Plantas com grande densidade foliar, geralmente, oferecem maior dificuldade de deposição do ingrediente ativo no interior da copa. A sobreposição das folhas, da parte externa da copa, denominado de efeito parede por Escola et al. (2006), pode dificultar a penetração das gotas na parte interna, local onde se encontra, em muitos casos, a maioria dos patógenos e insetos. Estes resultados são frequentes no campo e a consequência é a ineficácia no controle fitossanitário. Balan et al. (2008), trabalhando com a ponta de jato cônic vazio JA-1, verificaram que houve variações superiores a 100% na deposição da calda em função das condições meteorológicas.

4 Conclusões

O déficit de pressão de vapor d'água no ar só não afetou o diâmetro da mediana volumétrica.

A maior percentagem de cobertura do alvo foi de 33% no intervalo de déficit de pressão de vapor d'água no ar de 1,38 a 1,45 kPa.

A maior densidade de gotas foi de 341 gotas por cm² no intervalo de déficit de pressão de vapor d'água no ar de 2,10 a 2,17 kPa.

A maior deposição da calda sobre as folhas foi de 2,6 µL cm², observada no intervalo de déficit de pressão de vapor d'água no ar de 0,76 a 0,86 kPa.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que contribuíram financeiramente para a realização desta pesquisa.

Referências

- BALAN, M. G.; ABI-SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G.; RIO, A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. *Semina: Ciências agrárias*, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.
- BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. *Choisir les outils de pulvérisation*. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160 p.
- CELEN, I. H. Effect of angle of sprayer deflector on spray distribution in dwarf apple trees. *Journal of Agronomy*, v. 7, n. 2, p. 206-208, 2008. <http://dx.doi.org/10.3923/ja.2008.206.208>
- CHUECA, P.; GRAFTON-CARDWELL, E. E.; MOLTÓ, E. Influence of Spray Equipment and Water Volume on Coverage of Citrus and Control of Citricola Scale, *Coccus pseudomagnoliarum* (Hemiptera: Coccidae) With Mineral Oil. *Journal of Economic Entomology*, v. 102, n. 1, p. 296-303, 2009. <http://dx.doi.org/10.1603/029.102.0139>
- CITRUS BR. *Produção de laranja e suco*. Disponível em <<http://www.citrusbr.com/exportadores-citricos/setor/producao-192415-1.asp>>. Acesso em: 30 jan. 2012.
- CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. *Planta Daninha*, v. 28, p. 1153-1158, 2010. Numero especial. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000500023>
- DERKSEN, R. C.; ZHU, H.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; KRAUSE, C. R. Coverage and drift produced by air induction and conventional hydraulic nozzles used for orchard applications. *Transaction of the ASABE*, v. 50, n. 5, p. 1493-1501, 2007.
- ESCOLA, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; PLANAS, S.; GARCIA, F.; ROSSE, J. R.; GIL, E.; VAL, L. *Spray application volume in apple pear orchards in catalonia (spain) and variable rate technology for dose adjustment*. St. Joseph: ASAE, 2006. (Paper, n. 1620).

- GIL, Y.; SINFORT, C.; BRUNET, Y.; POLVECHE, V.; BONICELLI, B. Atmospheric loss of pesticides above an artificial vineyard during air-assisted spraying. *Atmospheric Environment*, v. 41, n. 14, p. 2945-2957, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.12.019>
- HEWITT, A.; O'DONNELL, C.; WOODS, N.; DORR, G. Atomisation modelling for Spray applications. *Aspects of Applied Biology*, v. 77, p. 147-153, 2006.
- HORTIFRUTI BRASIL. *Defensivos: hortifrutis são o terceiro maior*. 2011. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/107/mat_capa.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2012.
- HOMER, I.; OLIVET, J.; RIQUELME, J. Regulación de equipos pulverizadores. In: HOMER, I.; OLIVET, J.; RIQUELME, J. *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. Argentina: Red CYTED "Técnicas sostenibles de distribución de agroquímicos" Área de comunicaciones del INTA Alto Valle, 2010. 196 p.
- LLORENS, J.; GIL, E.; LLOP, J.; ESCOLÀ, A. Variable rate dosing in precision viticulture: use of electronic devices to improve application efficiency. *Crop Protection*, v. 29, n. 3, p. 239-248, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.022>
- MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. *Manual de aplicação de produtos fitossanitários*. Viçosa: Aprenda fácil, 2010. 588 p.
- PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agrícola*, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000500005>
- PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F. Acidente rural ampliado: o caso das "chuvas" de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde – MT. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 105-114, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000100014>
- RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. *Engenharia Agrícola*, v. 27, p. 56-65, 2007. Numero especial. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000200009>
- ROSELL, J. R.; LLORENS, J.; SANZ, R.; ARNÓ, J.; RIBES-DASE, M.; MASIP, J.; ESCOLÀ, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; GRÀCIA, F.; GIL, E.; VAL, L.; PLANAS, S.; PALACÍN, J. Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 149, n. 9, p. 1505-1515, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.04.008>
- SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F. C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. *Bragantia*, v. 63, n. 1, p. 129-139, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052004000100013>
- SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. *Planta Daninha*, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000100022>
- SUTTON, T. B.; UNRATH, C. R. Evaluation of the tree-row-volume model for full season pesticide application on apples. *Plant Disease*, v. 72, n. 7, p. 629-632, 1988. <http://dx.doi.org/10.1094/PD-72-0629>
- SYNGENTA. *Water-sensitive paper for monitoring spray distributions*. CH-4002. Basle: Syngenta Crop Protection, 2002.
- TEIXEIRA, M. M. *Estudio de lapoblación de gotas de pulverización*. In: TEIXEIRA, M. M. *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. Argentina: Red CYTED "Técnicas sostenibles de distribución de agroquímicos" Área de comunicaciones del INTA Alto Valle, 2010. cap. 5, 196 p.
- WALKLATE, P. J.; CROSS, J. V.; PERGHER, G. Support system for efficient dosage of orchard and vineyard spraying products. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 75, n. 2, p. 355-362, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2010.12.015>
- YU, Y.; OZKAN, H. E.; DERKSEN, R. C.; KRAUSE, C. R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. *Transactions of the ASABE*, v. 52, n. 1, p. 39-49, 2009.