

ESPECTRO DE GOTAS GERADO POR DIFERENTES ADJUVANTES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO¹

RODOLFO GLAUBER CHECHETTO² & ULISSES ROCHA ANTUNIASI³

RESUMO: A tecnologia de aplicação apresenta muitos parâmetros relacionados à qualidade da aplicação, um deles é o espectro de gotas, o qual é influenciado pelas pontas de pulverização e pelos adjuvantes utilizados. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do espectro de gotas gerado por diferentes pontas de pulverização e diferentes adjuvantes. O ensaio foi instalado com quatro caldas provenientes da diluição de diferentes tipos de adjuvantes a base de óleo vegetal, óleo mineral, surfatante e redutor de deriva, as quais foram aplicadas com duas pontas de pulverização, sendo uma de jato plano com pré-orifício (DG 8003 VS) e outra de jato plano com indução de ar (AI 8003 VS), totalizando 8 tratamentos com 3 repetições. O trabalho foi realizado em condições climáticas ideais para pulverização. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo Intervalo de Confiança, ao nível de 95% de probabilidade e as correlações entre as variáveis do espectro de gotas, através do coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade. A análise do espectro de gotas demonstrou diferentes comportamentos para cada tipo de adjuvante e ponta de pulverização. O tratamento com surfatante apresentou DMV superior aos demais tratamentos quando pulverizado com pontas AI. Para a %vol.<100 µm, o menor valor encontrado foi para a ponta AI em combinação com o surfatante. As correlações significativas, encontradas para as pontas DG e AI, foram negativas entre as variáveis DMV e % vol.<100 µm. Pode-se concluir que os valores de DMV e %vol.<100 µm demonstram que a ponta DG tem o espectro de gotas mais sujeito a deriva. O surfatante representou a melhor tecnologia para redução de deriva quando combinado com a ponta AI.

Palavras-Chave: Tecnologia de aplicação, deriva, surfatante.

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor intitulada: potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização.

² Eng^o. Agrônomo, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura – Departamento de Engenharia Rural FCA/UNESP, Botucatu/SP, Brasil, Rua José Barbosa de Barros, n^o 1780, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, rgchechetto@hotmail.com

³ Eng^o. Agrônomo, Orientador e Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Rua José Barbosa de Barros, n^o 1780, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, ulisses@fca.unesp.br

DROPLET SPECTRUM GENERATED BY DIFFERENT ADJUVANTS AND SPRAY NOZZLES

SUMMARY: *The application technology shows many parameters related to the quality of the application, one is the droplet spectrum, which is influenced by the spray nozzles and the adjuvant used. Therefore, the objective of this work was estimate the behavior of the droplet spectrum generated with different nozzles and different adjuvants. The experiment was installed containing four solutions from different type adjuvant dilution, as vegetal oil, mineral oil, surfactant and drift reduction, which were applied with two nozzle, one pre-orifice flat fan (DG 8003 VS) and other of air induction flat fan (AI 8003 VS), totaling 8 treatments with 3 repetitions. The experiment was realized in ideal weather conditions for spraying. The treatments averages were compared using Confidence Interval at 95% probability and the correlations between variables were analyzed using Pearson at 5% of probability. The analysis of droplet spectrum showed different behavior for each adjuvant and nozzle. The surfactant treatment showed VMD superior for all treatments when sprayed with AI nozzles. For the %vol.<100 µm the lowest value found was for the AI nozzle in combination with the surfactant. The significant correlations found for the nozzles AI and DG were negative between VMD and %vol.<100 µm. It can be concluded that the values of DMV and %vol.<100 µm showed that the nozzle with pre-orifice have droplet spectrum more prone to drift. The surfactant showed to be the best drift reduction technique when combined with the AI nozzle.*

Keywords: *Application technology, drift, surfactant.*

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial resulta na necessidade de um aumento da produtividade agrícola. Um dos fatores que auxiliam esse aumento da produtividade é a utilização de agrotóxicos que controlam pragas, doenças e plantas daninhas. Com isso, cada vez mais tem se exigido do produtor rural a utilização correta e criteriosa de agrotóxicos, porém, o que se observa no campo é a falta de informações a respeito da tecnologia de aplicação (COSTA et al., 2007).

A tecnologia de aplicação apresenta muitos parâmetros relacionados à qualidade da pulverização, como a pressão de trabalho, alterações das características físico-químicas das caldas, influenciadas diretamente por formulações de adjuvantes e agrotóxicos e as pontas de pulverização.

As gotas produzidas pelas pontas de pulverização apresentam vários tamanhos, formando um espectro de gotas que é quantificado através de um conjunto de parâmetros como a Amplitude Relativa, o diâmetro mediano numérico (DMN) e o diâmetro mediano volumétrico (DMV) (MOTA, 2011). O DMV é

o diâmetro de gotas que divide em duas partes a massa de gotas pulverizadas, sendo a soma da parte das gotas maiores igual à soma da parte de gotas menores (ANTUNISSI; BAIIO, 2008). A Amplitude Relativa segundo Cunha et al. (2004) determina a homogeneidade do espectro pulverizado e quanto maior esse valor, menor será a homogeneidade desse espectro de gotas. Já o DMN é o diâmetro de gotas que separa o número destas em duas partes, sendo 50% de gotas menores e 50% de maiores. Quando a relação entre o DMV e o DMN é analisada, o valor mais próximo de 1 representa um espectro de gotas mais homogêneo (ANTUNISSI; BAIIO, 2008).

Alguns adjuvantes denominados como redutores de deriva foram desenvolvidos para atuar no espectro de gotas, porém, outros tipos de adjuvantes também influenciam no tamanho dessas partículas (BUTLER ELLIS; TUCK, 1999). Segundo Antuniassi (2004) a definição dos parâmetros volume de calda e tamanho de gotas está diretamente relacionada com o alvo/defensivo.

Gotas com tamanho entre 50 e 100 μm , classificadas como muito fina, proporcionam grande suscetibilidade em elevar a deriva, porém, apresentam capacidade de serem transportadas para o interior do dossel das culturas, já gotas grandes conferem maior resistência em sofrer deriva e têm uma trajetória vertical, apresentando assim, maior deposição em alvos localizados na horizontal (MATTHEWS, 2000). O autor ainda afirma que quando as condições ambientais forem favoráveis à deriva, gotas do tipo médias a grossas devem ser utilizadas.

Em aplicações de agrotóxicos com pulverizadores de barras, as gotas formadas com tamanho iguais ou menores que 50 μm tendem a evaporar antes de atingir o alvo, já as que têm diâmetro maior que 200 μm não apresentaram redução significativa até atingir o alvo desejado (OZKAN, 2000). Para Antuniassi (2009) quando uma ponta é analisada, quanto maior for o percentual de gotas finas que fazem parte do espectro produzido, certamente maior será o risco de deriva, sendo esse conceito utilizado na fundamentação de uma nova classificação de pontas de pulverização.

Sabendo da importância em realizar uma aplicação com qualidade e maior segurança, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do espectro de gotas gerado com diferentes pontas de pulverização e diferentes adjuvantes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP.

A Tabela 1 traz as descrições dos adjuvantes utilizados no ensaio e as respectivas classes utilizadas para identificar os tratamentos. As pontas utilizadas foram a jato plano com pré-orifício DG 8003 VS

e a jato plano com indução de ar AI 8003 VS, com gotas médias e muito grossas, respectivamente. O experimento foi conduzido com 8 tratamentos (combinação de fatores), com 3 repetições.

O experimento foi realizado em laboratório com as condições climáticas monitoradas durante a execução de cada tratamento, respeitando as condições ideais de umidade relativa do ar acima de 55% e temperatura ambiente abaixo de 30° C.

Tabela 1 - Descrição e classes dos adjuvantes utilizados para análise do espectro de gotas.

Nome comercial	Composições	Classes de adjuvantes	Doses (%)	g L ⁻¹
Óleo Vegetal emulsionável*	-	Óleo vegetal	1,00	-
Nimbus	Hidrocarbonetos alifáticos	Óleo mineral	0,50	428,00
Li 700	Mistura de fosfatidicolina (Lecitina) e Ácido propiônico	Redutor de deriva	0,15	712,88
In-Tec	Nonil fenol etoxilado	Surfatante	0,0625	124,40

* Produto codificado fornecido pela Stoller do Brasil, cujas concentrações de óleo e emulsificantes não foram informadas.

A partir da metodologia descrita por Camara et al. (2008) o espectro de gotas foi determinado utilizando-se um equipamento analisador de partículas em tempo real Mastersizer S (Malvern Instruments). Com base na técnica de difração do raio laser o equipamento mensura o tamanho das partículas que são formadas pelas gotas da pulverização, através do desvio da trajetória do mesmo ao atingir estas partículas. Este desvio do laser é inversamente proporcional ao tamanho da partícula, ou seja, quanto menor é a partícula, maior é o grau de difração sofrido pelo raio laser (ETHERIDGE et al., 1999).

O equipamento é composto por um feixe de raio laser de 10 mm de diâmetro, comprimento de onda de 670 nm, lente focal de 200 mm e uma ponte óptica de base longa. O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 µm (lente 300 mm) e interligado com um computador central que armazena os dados analisados por meio do software Mastersizer-S v.2.19. Cada leitura do laser é realizada a cada 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo (CAMARA et al., 2008).

O equipamento conta com um exaustor (tipo coifa) que fica localizado sobre o Mastersizer para retirar as partículas em suspensão, evitar deposições sobre a lente do aparelho ou duplas leituras do laser, impedindo assim o comprometimento da exatidão da análise (FERREIRA et al., 2007).

As variáveis que são obtidas com as análises realizadas por este equipamento são: DV_{0,1} (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse

valor), $DV_{0,5}$ (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), $DV_{0,9}$ (diâmetro de gota tal que representa que 90% do volume pulverizado é de tamanho menor que esse valor de diâmetro de gota) e o percentual do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm . A variável Amplitude Relativa foi determinada pela equação 1.

$$\text{Amplitude Relativa} = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}} \quad (1)$$

onde,

$DV_{0,9}$ – Diâmetro de 90% do volume acumulado

$DV_{0,1}$ - Diâmetro de 10% do volume acumulado

$DV_{0,5}$ - Diâmetro de 50% do volume acumulado

A pressão utilizada no ensaio foi constante de 400 kPa (4 bar), fornecida por um sistema de ar comprimido, que foi controlado com um regulador de pressão de precisão aproximada de 7 kPa (0,07 bar). Para que o jato de pulverização atravessasse transversalmente o laser durante as leituras do aparelho foi utilizado um oscilador, que movimentava a ponta, possibilitando assim uma amostragem de todo o jato pulverizado.

O volume de calda preparado foi de dois litros para cada tratamento, sendo a mistura realizada em balões volumétricos. As soluções foram preparadas momentos antes de serem pulverizadas, para que fosse evitada qualquer interferência do tempo entre o preparo e a utilização da calda na estabilidade física e química destas, além de serem agitadas antes de serem pulverizadas para uma melhor homogeneização. As pontas foram analisadas a 40 cm de altura em relação à passagem do feixe de laser sendo as condições de aplicação iguais para todos os tratamentos realizados.

Os resultados dos tratamentos foram comparados pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias, a 95% de probabilidade (IC95%) e as correlações entre as variáveis do espectro de gotas, utilizando o coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de diâmetro mediano volumétrico para as pontas de jato plano com pré-orifício (DG) e jato plano com indução de ar (AI) estão apresentados na Figura 1. Os valores médios de DMV para os tratamentos aplicados com a ponta DG variaram entre 205 a 230 μm . Na comparação com o tratamento óleo mineral (0,5%), todos os demais proporcionaram aumento no DMV, sendo que apenas o surfactante (0,0625%) não diferiu significativamente do óleo mineral pelo IC95%. Segundo Oliveira (2011) e Mota (2011), os adjuvantes proporcionaram alterações no espectro de gotas, modificando o DMV gerado por pontas de pulverização convencionais e com indução de ar. Cunha et al. (2003) avaliando espectro de

gotas, detectou aumento significativo do DMV ao adicionar adjuvante a base de óleo vegetal a calda de pulverização para pontas convencionais, diminuindo assim as gotas com maior possibilidade de sofrerem deriva.

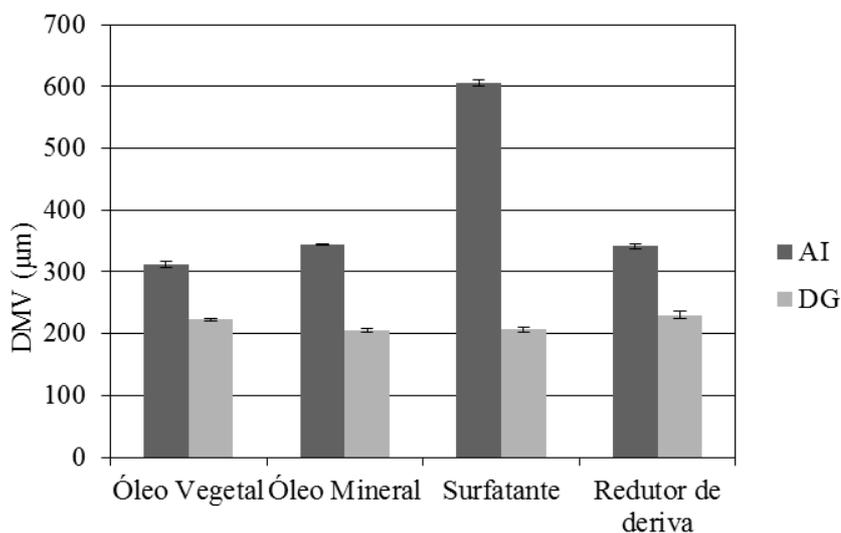


Figura 1 - Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos, para as pontas de jato plano com indução de ar (AI) e jato plano com pré-orifício (DG). Para a comparação dos resultados, as barras representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Os valores médios de DMV para os tratamentos aplicados com a ponta AI variaram entre 312 a 606 μm , mostrando uma diferença significativa na comparação direta com a DG. É importante ressaltar que o tratamento surfatante (0,0625%) apresentou DMV superior a todos os tratamentos, aumentando o DMV em 43% em relação ao tratamento com óleo mineral (0,5%) aplicado com a ponta AI. Cunha et al. (2010) também observaram valores elevados de DMV para a combinação de ponta de indução de ar e adjuvantes a base de nonil fenol etoxilado.

O mesmo comportamento encontrado no presente trabalho foi observado em estudo de Etheridge et al. (1999), onde as pontas com indução de ar quando comparadas a pontas de jato plano convencionais apresentam DMV superior. Miller e Butler Ellis (2000) estudando características da pulverização resultante do efeito das formulações chegaram à conclusão de que as pontas com indução de ar são mais sensíveis às mudanças das características físicas das caldas e que seu comportamento não segue um mesmo padrão em relação às pontas hidráulicas convencionais.

O DMV com ponta de indução de ar para surfatante a base de nonil fenol etoxilado (0,0625%) foi 193% maior em relação ao DMV da ponta com pré-orifício para este mesmo adjuvante. Segundo Miller e

Butler Ellis (2000), a utilização de surfatantes com as pontas de indução de ar aumentou o DMV das gotas comparando tratamentos com adição de óleo vegetal. Esse resultado pode ser relacionado ao projeto da ponta com indução de ar ser baseada em pontas formadoras de espuma (PIGGOTT; MATTHEWS, 1999), o que é facilitado pelas características do surfatante. Ainda os autores afirmam que nem todas as pontas com indução de ar responderam da mesma forma, e completam que é necessário a realização de mais trabalhos para melhor compreender o funcionamento desse tipo de ponta.

Os valores médios de %vol.<100 µm para os tratamentos aplicados com a ponta de jato plano com pré-orifício DG e a ponta com indução de ar (AI) estão apresentados na Figura 2. Para a ponta com pré-orifício os valores variaram entre 10,9 e 14,2%. Na comparação com o tratamento óleo vegetal (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram redução desse percentual, indicando potencial para a redução do risco de deriva, visto que, Matthews (2000) e Cunha et al. (2003) afirmaram que gotas com diâmetros menores que 100 µm apresentam um elevado potencial de deriva.

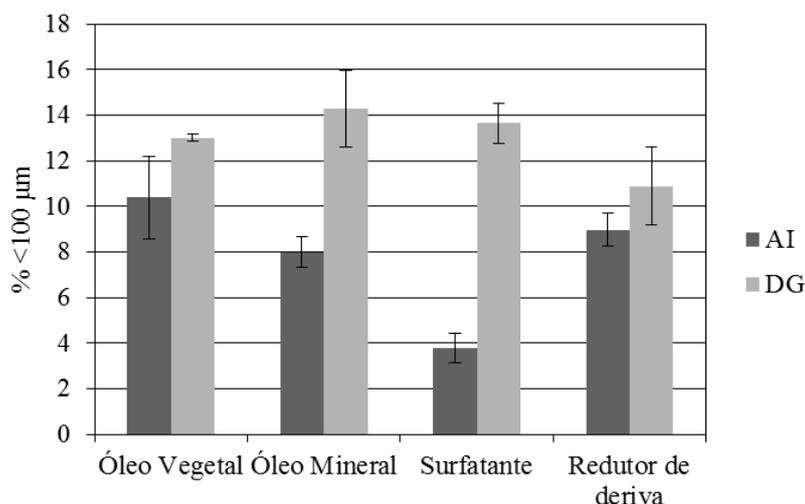


Figura 2 - Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm (%vol.<100 µm), para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização AI e DG. Para a comparação dos resultados, as barras representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Comparando os valores de 10,9% e 13,7% na ponta com pré-orifício (DG) para os tratamentos com o redutor de deriva (0,15%) e o surfatante (0,0625%), é possível notar uma redução de 20% com a alteração dos adjuvantes para uma mesma ponta. Em trabalho avaliando a mesma variável, mais com pontas diferentes, Butler Ellis et al. (1997) encontraram valores que reduziram de 3,6% para 1,6% a %vol.<100 µm para o adjuvante com mistura de fosfatidocolina (lecitina) e ácido propiônico (0,5%) em relação a um surfatante a base de nonil fenoxi (0,1%), mostrando assim uma redução de 44% nessa variável.

vel. Oliveira (2011) utilizando a ponta XR 8003 encontrou uma redução de 43% para o adjuvante LI (0,5%) em relação a um adjuvante a base de nonil fenoxi na concentração de 0,1%.

Os valores médios de %vol.<100 μm para os tratamentos aplicados com a ponta AI variaram entre 3,8 a 10,4%. Na comparação com o tratamento óleo mineral (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram aumento desse percentual, indicando potencial para aumento do risco de deriva, com exceção do tratamento surfatante (0,0625%), onde o comportamento foi inverso. O tratamento a base de nonil fenol etoxilado (0,0625%) apresentou o menor valor para essa variável (3,8%), correspondendo à tendência analisada no DMV, onde esse tratamento apresentou o maior valor para a ponta com indução de ar. Houve uma redução de 174,6% para a %vol.<100 μm , no tratamento com surfatante (0,0625%), em relação ao tratamento com óleo vegetal (1,0%), que foi de 10,38%.

Cunha et al. (2010) afirmaram não haver um valor-padrão indicativo para o risco de deriva ou para uma aplicação segura, porém, Cunha et al. (2003) afirmaram que em geral valores inferiores a 15% do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm são mais adequados a uma aplicação segura.

Os valores médios de AR estão apresentados na Figura 3. Os valores para a ponta de jato plano com pré-orifício variaram entre 1,47 a 1,60. Na comparação com o tratamento a base de óleo mineral (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram aumento da amplitude relativa, indicando potencial para redução da qualidade do espectro de gotas, com maior variação no tamanho médio das gotas do espectro gerado para a ponta DG. O maior valor foi encontrado para óleo vegetal (1,0%), não diferindo estatisticamente dos tratamentos surfatante (0,0625%) e redutor de deriva (0,15%). Mota (2011) encontrou valores semelhantes com a ponta DG 11003, onde o menor valor também foi encontrado para o óleo mineral (1,41).

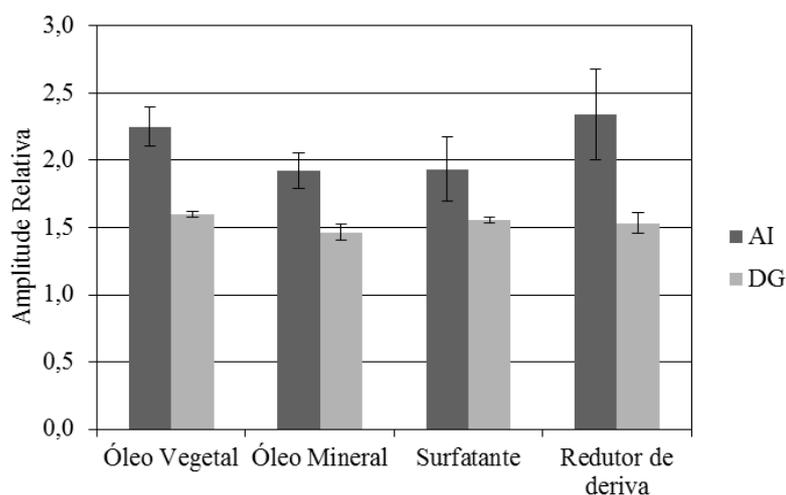


Figura 3 - Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização AI e DG. Para a comparação dos resultados, as barras representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Os valores médios de AR para os tratamentos aplicados com a ponta AI variaram entre 1,92 a 2,34 mostrando uma diferença significativa na comparação direta com a DG (1,47 a 1,60). Ainda, destaca-se o tratamento com redutor de deriva (0,15%), que apresentou o maior resultado para AR, característica indesejável para essa variável. Neste sentido, Matthews (2000) descreve que a Amplitude Relativa expressa a variação do tamanho de gotas, fazendo uma relação com o diâmetro mediano volumétrico, e quanto maior for o seu valor maior será a variação do tamanho das gotas, e quanto menor for o valor mais homogêneo será o espectro de gotas.

Segundo Cunha et al. (2010) à medida que se quer aumentar a qualidade das pulverizações é necessário exigir mais do desempenho das pontas de pulverização, destacando em especial a homogeneidade do espectro de gotas. Ainda os autores afirmam sobre a importância da análise conjunta do DMV e da Amplitude Relativa, já que o diâmetro mediano volumétrico fornece um valor referencial sem indicar a dispersão dos dados, sendo assim mais precisa a avaliação dos efeitos dos adjuvantes no tamanho de gotas e na uniformidade do espectro de gotas.

As correlações para as variáveis de espectro de gotas e de túnel de vento para as pontas de jato plano com pré-orifício (DG) e de jato plano com indução de ar (AI) estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Correlação entre as variáveis de espectro de gotas para a ponta de jato plano com pré-orifício (DG).

	Desvio Padrão	DMV	% vol. <100 µm
DMV	11,74		
% vol. <100 µm	1,78	-0,82*	
AR	0,07	0,21	0,24

* Correlação de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

Tabela 3 - Correlação entre as variáveis de espectro de gotas para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

	Desvio Padrão	DMV	% vol. <100 µm
DMV	124,22		
% vol. <100 µm	2,76	-0,90*	
AR	0,29	-0,38	0,44

* Correlação de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

Na Figura 4 está apresentada a correlação inversamente proporcional e significativa entre as variáveis %vol.<100 μm e DMV para a ponta de jato plano com pré-orifício, ou seja, à medida que se aumenta o DMV a porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm diminui. O mesmo resultado de correlação foi encontrado em trabalhos de Costa (2006), Iost (2008), Oliveira (2011) e Mota (2011).

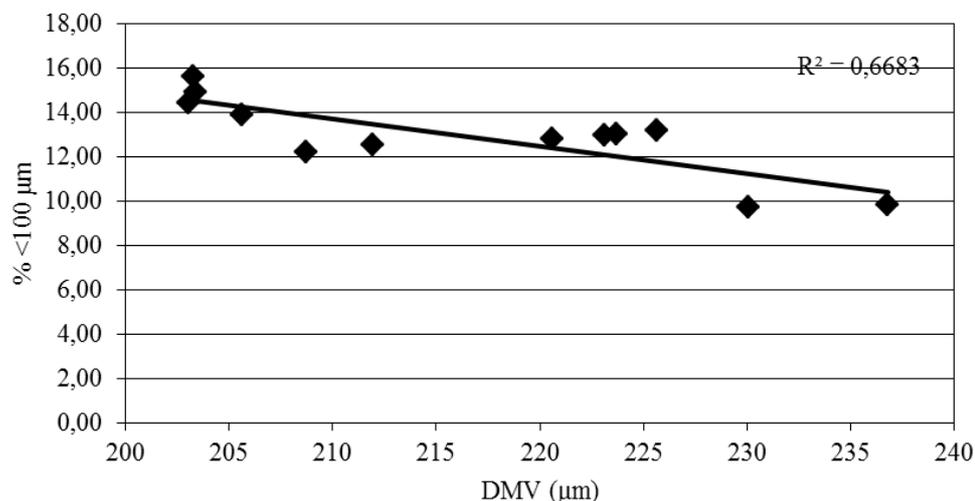


Figura 4 - Correlação do parâmetro %vol.<100 μm em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com pré-orifício (DG).

A correlação inversamente proporcional e significativa para os fatores porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm e DMV ($r = -0,90$) para a ponta de jato plano com indução de ar (AI) está apresentada na Figura 5. Com o aumento do DMV é observado diminuição do %vol.<100 μm .

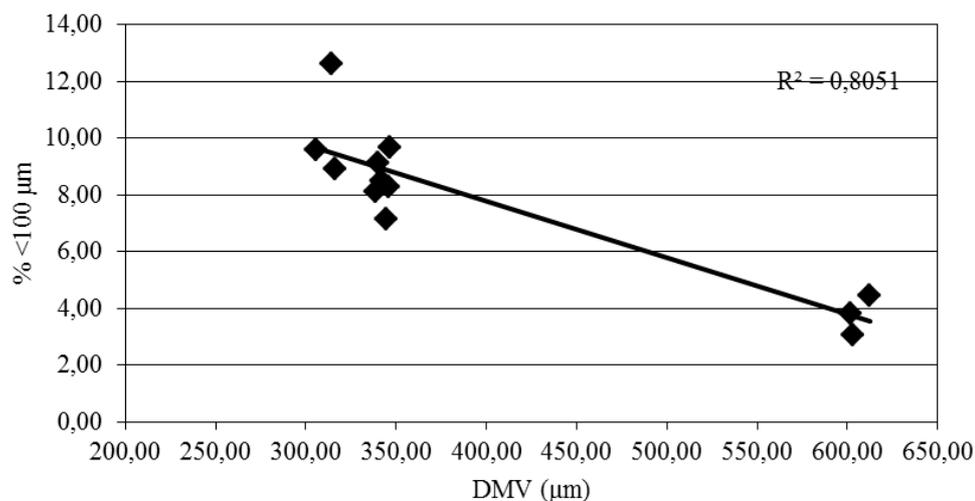


Figura 52 - Correlação do parâmetro %vol.<100 μm em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

Em trabalho realizado por Mota (2011), onde se testou as pontas com indução de ar GA e ULD ambas 11003, a correlação encontrada para esses fatores foi positiva, ou seja, quando houve aumento do DMV o parâmetro %vol.<100 µm também aumentou, descrevendo assim comportamento contrário ao encontrado nesse trabalho.

4 CONCLUSÕES

O surfatante representou a melhor tecnologia para redução da deriva quando combinado com a ponta de jato plano com indução de ar (AI) em relação a todos os tratamentos testados.

A ponta DG apresenta um espectro de gotas mais sujeito a deriva em relação à ponta de pulverização com indução de ar, tanto pelos valores de DMV quanto pelos valores de %vol.<100 µm.

Para ambas as pontas observaram-se correlações negativas significativas entre o DMV e o %vol.<100 µm.

5 REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja 2009**, Rondonópolis, v. 13, p. 299-317, 2009.

ANTUNIASSI, U. R. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2004. p. 165-177. (Boletim Técnico de Soja, 8).

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 174-175.

BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R. How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles. **Crop Protection**, Guildford, v. 18, n. 1, p. 101-109, 1999.

BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R.; MILLER, P. C. H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 1, 1997.

CAMARA, F. T. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 28, n. 4, p. 740-749, 2008.

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes.** 2006. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2006.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan./mar. 2007.

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**, Viçosa-MG, v. 28, nesp., p. 1153-1158, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p. 325-332, 2003.

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-DF, v.39 n.10, p. 977-985, 2004.

ETHERIDGE, R. E.; WOMAC, A. R.; MUELLER, T. C. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 4, p. 765-70, 1999.

FERREIRA, M. C. et al. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas.** 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods.** 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, p. 609-615, 2000.

MOTA, A. A. B. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes.** 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

OZKAN, H. E. New nozzles for spray drift reduction. Ohio State University, 2000. (Bulletin 816-00). Disponível em: <<http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0523.html>>. Acesso em: 24 mar. 2011.

PIGGOTT, S.; MATTHEWS, G. A. Air induction nozzles: a solution to spray drift? **International Pest Control**, London, v. 41, p. 24-28, 1999.