

## COMPARAÇÃO DE DOIS MÉTODOS PARA ANÁLISE DO ESPECTRO DE TAMANHO DE GOTAS GERADO POR UMA PONTA DE PULVERIZAÇÃO

CASIMIRO DIAS GADANHA JR.<sup>1</sup>, ADRIANO VILAMES DA SILVA<sup>2</sup>, MATHEUS OGIUSUKU REGIANI<sup>3</sup>, RENAN HENRIQUE FERREIRA<sup>4</sup>,

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, cdgadanh@usp.br.

<sup>2</sup> Eng. Químico, Laboratório de Tecnologia de Aplicação da BASF SE, Santo Antônio de Posse - SP, vilames@gmail.com.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, matheus.14@usp.br

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, renan.rhf@usp.br

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** Devido a preocupação com questões de deriva e resistência a herbicidas, muitas técnicas de redução de deriva foram estabelecidas como o uso de adjuvantes e pontas com indução a ar. Porém, há muitos métodos de análise de pulverizações e muitas variações entre seus resultados. Para complementar os estudos e estabelecer diferenças entre métodos de análises, este trabalho teve por objetivo estabelecer como os resultados do método de análise de imagem, DropScope<sup>®</sup>, se comportam em relação ao método de difração a laser, Spraytec<sup>®</sup>. Fez-se medições com os dois métodos, a 200 e 300 kPa, com o uso de pontas Hypro<sup>®</sup>, modelo FC ULD-MAX 13002, para água e para calda composta por Atectra<sup>®</sup> a 0,6 L/ha e Mees<sup>TM</sup> a 0,25% do volume para os parâmetros de pulverização  $D_{0,5}$ , AR, e  $V\% < 100\mu\text{m}$ , além da classificação de gotas. O método de difração apresentou maiores valores, para os parâmetros estudados, em relação ao método de imagem. Para a comparação entre líquidos,  $V\% < 100\mu\text{m}$  não se modificou.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de Imagem; Difração a Laser; Medição de Gota

### COMPARISON OF TWO METHODS FOR ANALYZING THE DROPLET SIZE SPECTRUM GENERATED BY A SPRAY NOZZLE

**ABSTRACT:** Due to concerns about drift issues and herbicide resistance, many drift reduction techniques have been established such as the use of adjuvants and air-induced nozzles. However, there are many spray analysis methods and many variations between their results. To complement the studies and establish differences between analysis methods, this work aimed to establish how the results of the image analysis method, DropScope<sup>®</sup>, behave in relation to the laser diffraction method, Spraytec<sup>®</sup>. Measurements were made with both methods, at 200 and 300 kPa, using Hypro<sup>®</sup> nozzles, model FC ULD-MAX 13002, for water and a spray solution composed of Atectra<sup>®</sup> at 0.6 L/ha and Mees<sup>TM</sup> at 0.25% of the volume for spray parameters  $D_{0.5}$ , AR, and  $V\% < 100\mu\text{m}$ , in addition to droplet classification. The diffraction method presented higher values, for the studied parameters, in relation to the image method. For the comparison between liquids,  $V\% < 100\mu\text{m}$  did not change.

**KEYWORDS:** Image Analysis; Laser Diffraction; Droplet Measurement

**INTRODUÇÃO:** O herbicida Dicamba ganha espaço no mercado pelos casos de resistência a outros herbicidas e o desenvolvimento de variedades de algodão e soja resistentes ao herbicida (EPA, 2016). Entretanto, gotas muito pequenas geradas nas aplicações geram preocupações por terem grande risco de serem carregadas pelo vento (CERRUTO, 2017), sendo consideradas perigosas à saúde pública e ao meio ambiente (YOUNES; GALAL-GORCHEV, 2000). As perdas por deriva dependem de fatores climáticos, mas podem ser evitadas com o aumento do tamanho das gotas e com a utilização de adjuvantes (KRUGER *et al.*, 2013). Conforme Nuyttens *et al.* (2007), a eficácia da aplicação é afetada pelo espectro de gotas gerado pelas pontas. Porém, há diversos métodos para a análise do espectro, como os estudados por Sijs *et al.* (2021), e uma variação muito grande em seus respectivos resultados. Conforme Privitera *et al.* (2023), enquanto que os sistemas a laser fornecem medições rápidas, os sistemas de imagem é um método que utiliza papeis hidrossensíveis, os quais aumentam o tempo de análise. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar os resultados dos dois métodos de análise de espectro de gotas, difração a laser e de imagem, nas pressões de 200 e 300 kPa para água e uma calda de Dicamba e adjuvante Mees, para ponta FC ULD-MAX 13002.

**MATERIAL E MÉTODOS:** As medições de espectro de gotas pelo método de difração a laser Malvern Spraytec<sup>®</sup> foram feitas no Laboratório de Tecnologia de Aplicação da BASF SE. A análise foi feita em uma câmara com controle de temperatura e umidade relativa. Para o método de imagem, foi utilizado o *software* da DropScope<sup>®</sup> da SprayX, a análise foi feita no Laboratório de Tecnologia de Aplicação do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ/USP. Foram usados papeis hidrossensíveis da Syngenta, de 26 x 76 mm, em um ensaio de campo com um pulverizador da marca Micron, modelo Combat, onde dois papeis foram localizados abaixo da faixa de pulverização, a qual foi feita a 9 km/h. Executou-se os ensaios com água e uma calda de Atectra<sup>®</sup> a 0,6 L/ha e 0,25% do volume da calda de Mees<sup>™</sup>, surfactante a base de óleo vegetal, nas pressões de 200 e 300 kPa. O delineamento utilizado no experimento foi inteiramente casualizado. A análise utilizada foi o teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Foi utilizada uma ponta de jato plano com indução a ar, da marca Hypro, modelo FC ULD-MAX 13002, cujo espectro de gota, nas pressões trabalhadas, definido pelo fabricante, é classificado como Ultra-Grossas (UG). Para os dois métodos, utilizou-se altura conforme definido na norma ISO/FDIS 5682-1: 2017. Os parâmetros avaliados foram  $D_{0,5}$ , AR e  $V\% < 100\mu\text{m}$  que são, respectivamente, diâmetro de gota, em micrometro ( $\mu\text{m}$ ), o qual 50% do volume pulverizado representa gotas de tamanho menor, amplitude relativa (diferença entre  $D_{0,9}$  e  $D_{0,1}$ , dividido por  $D_{0,5}$ ) e a porcentagem do volume com gotas menores que  $100\mu\text{m}$  (SASAKI, R. S. *et al.*, 2016). Foi também determinada a porcentagem do volume pulverizado em cada intervalo de tamanho de gota de acordo com a norma padrão ASABE S572.1 (ASABE, 2018). Os intervalo de tamanho são Extremamente fina (EF), Muito fina (MF), Fina (F), Média (M), Grossa (G), Muito grossa (MG), Extremamente grossa (EG) e Ultra grossa (UG) que são, respectivamente, gotas com diâmetros menores que  $60\mu\text{m}$ , de 61 a  $105\mu\text{m}$ , 106 a  $235\mu\text{m}$ , 236 a  $340\mu\text{m}$ , 341 a  $403\mu\text{m}$ , 404 a  $502\mu\text{m}$ , 503 a  $665\mu\text{m}$  e maiores que  $665\mu\text{m}$ .

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Durante os ensaios, a temperatura variou entre 23 e 26°C e a umidade relativa do ar entre 55 e 65%. No método por imagem, a velocidade do vento não superou 1,4 m/s. A Tabela 1 demonstra os valores obtidos para os parâmetros  $D_{0,5}$ , AR,  $V\% < 100\mu\text{m}$  e os valores, em porcentagem para a classificação de gotas Ultra-Grossas (UG),

obtidos nos diferentes métodos, líquidos e pressões estudados, segundo ASABE S572.1.

**Tabela 1.** Comparação entre métodos, líquidos e pressões para os parâmetros de pulverização  $D_{0,5}$ , AR e  $V\% < 100\mu\text{m}$  e porcentagem de gotas na classificação Ultra-Grossa (UG).

Líquido	Método	Pressão (kPa)	$D_{0,5}$	AR	$V\% < 100\mu\text{m}$	UG (%)
Água	Difração	200	742 <sub>AGP</sub>	1,69 <sub>AGP</sub>	0,97 <sub>AgP</sub>	57,5 <sub>AGP</sub>
		300	592 <sub>BgR</sub>	1,68 <sub>BGR</sub>	1,45 <sub>BGR</sub>	43,5 <sub>BgR</sub>
	Imagem	200	481 <sub>aHq</sub>	0,94 <sub>aHq</sub>	0,33 <sub>aHQ</sub>	21,0 <sub>aHQ</sub>
		300	501 <sub>bHS</sub>	1,16 <sub>bHS</sub>	0,38 <sub>bHS</sub>	25,6 <sub>bHS</sub>
Calda	Difração	200	651 <sub>CIp</sub>	1,65 <sub>CIP</sub>	1,05 <sub>CIp</sub>	49,4 <sub>CIp</sub>
		300	544 <sub>Dir</sub>	1,54 <sub>Dir</sub>	1,47 <sub>DIR</sub>	37,0 <sub>Dir</sub>
	Imagem	200	632 <sub>CJQ</sub>	1,31 <sub>cJQ</sub>	0,21 <sub>cJQ</sub>	43,0 <sub>CJQ</sub>
		300	538 <sub>DJS</sub>	1,27 <sub>dJS</sub>	0,30 <sub>dJS</sub>	32,7 <sub>dJS</sub>

As mesmas letras, na vertical, representam uma comparação entre médias das repetições. Quando ambas maiúsculas não existe diferença significativa e quando maiúsculas e minúsculas existe diferença significativa, ao nível de 5% de significância.

Conforme mostrado na tabela 1, para as variáveis AR e  $V\% < 100\mu\text{m}$  os valores obtidos no método de difração foram maiores que o método de imagem mostrando uma diferença significativa. Para a variável  $D_{0,5}$ , para todos os valores obtidos no método de difração foram maiores que o de imagem, sendo que para a calda, não existiu diferença significativa. Para a variável classificação de gotas Ultra-Grossas (UG) para o método de difração foram maiores que o método de imagem mostrando uma diferença significativa. Ao utilizar líquidos diferentes, não houve diferença de  $V\% < 100\mu\text{m}$ . Em relação ao método de difração a laser, os dados condizem com Sijs *et al.* (2021), que relatou que o método utiliza uma amostragem espacial da pulverização, ou seja, o método não considera a trajetória e a velocidade das gotas, podendo contabilizar gotas muito pequenas várias vezes, superestimando os valores das gotículas. Em relação ao método de imagem, os dados estão de acordo com Hoffmann e Hewitt (2005) que relatam que as gotas menores que 50  $\mu\text{m}$  são incapazes de criar uma marcação mensurável no papel, reduzindo a quantidade de gotas menores, ou seja, o diâmetro das gotas verificado é impreciso.

**CONCLUSÕES:** O método de difração obteve resultados maiores, em relação ao método de imagem, para os parâmetros  $D_{0,5}$ , AR e  $V\% < 100\mu\text{m}$ . O método de difração obteve resultados maiores, em relação ao método de imagem, para a classificação de gotas Ultra-Grossas (UG). O método de análise de imagem pode ser utilizado para o estudo qualitativo da pulverização quando usado a porcentagem de cobertura do alvo, medido pelo *software*. O  $D_{0,5}$ , utilizado para a classificação de pontas, não representa o espectro de gotas, pois não condiz com a porcentagem de gotas pulverizadas, sendo que, exceto difração, 200 kPa para água, todas as outras condições não se classificaram como Ultra-Grossas (UG). Porém, ao levar em consideração a porcentagem de gotas, vê-se que grande porcentagem de gotas se encontra na classificação UG, mesmo o  $D_{0,5}$  não representando isso.

## REFERÊNCIAS:

ASABE, American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2018. **ASABE S572.1 Droplet size classification**. Disponível em: < [https://cdn2.hubspot.net/hub/95784/file-32015844-pdf/docs/asabe\\_s572.1\\_droplet\\_size\\_classification.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hub/95784/file-32015844-pdf/docs/asabe_s572.1_droplet_size_classification.pdf) > Acesso em: 02, mar. 2024.

CERRUTO, Emanuele et al. A laboratory system for nozzle spray analysis. **Chem. Eng. Trans**, v. 58, p. 751-756, 2017.

EPA. US Environmental Protection Agency. About the drift reduction technology program. 2016. Acesso em: 21 Jul. 2016.

HOFFMANN, Wesley Clint; HEWITT, Andrew J. Comparison of three imaging systems for water-sensitive papers. **Applied engineering in agriculture**, v. 21, n. 6, p. 961-964, 2005.

KRUGER, G. R. et al. Spray drift of pesticides. **University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. USA, 2013.**

ISO. ISO/FDIS 5682-1: 2017. Equipment for crop protection: spraying equipment. Part 1: test methods of sprayer nozzles. **International Organization for Standardization**. Geneva, ISO. 2017.

NUYTTENS, D. et al. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems engineering**, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

SASAKI, R. S. et al.. Droplets spectrum of air-assisted boom sprayers under different environmental and operational conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 92-96, 2016.

SIJS, R. et al. Drop size measurement techniques for sprays: Comparison of image analysis, phase Doppler particle analysis, and laser diffraction. **AIP Advances**, v. 11, n. 1, 2021.

YOUNES, M.; GALAL-GORCHEV, H. Pesticides in drinking water—a case study. **Food and chemical toxicology**, v. 38, p. S87-S90, 2000.