

**Influência da altura e vazão na eficiência de deposição de gotas em pulverização aérea**

Deonir Secco<sup>1</sup>, Helton Aparecido Rosa<sup>1</sup>, Guilherme Gabriel Ruffato<sup>1</sup>, Daniel Jobim Badaraco<sup>2</sup>, Reginaldo Ferreira Santos<sup>1</sup>, Tiago Roque Benetoli da Silva<sup>3</sup>, Flavio Gurgacz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Curso de Engenharia Agrícola e Mestrado em Energia na Agricultura, Caixa Postal, 711, (85819-110) Cascavel, PR

<sup>2</sup>Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM – Campus Umuarama

**Resumo:** O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de duas alturas de aplicações e duas vazões na eficiência de deposição de gotas em pulverização aérea. A aeronave utilizada foi um EMB201. Para determinação da densidade de gotas utilizou-se uma lupa, e o diâmetro médio geométrico das gotas foi determinado através de escala específica. Os tratamentos foram: T1-T2 com vazão de 10 L ha<sup>-1</sup> e alturas de 2 e 4 metros. T3-T4 com vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> e alturas de 2 e 4 metros. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com médias de tratamentos comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. Na posição de coleta superior ao dossel vegetativo a densidade de gotas foi estatisticamente superior com a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> e altura de aplicação de 2 metros. Já para a posição de coleta mediana houve diferença estatística significativa entre as vazões, onde a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> proporcionou maior densidade de gotas. Para o diâmetro de gotas na posição de coleta superior não houve diferença estatística significativa para a altura e vazão, já para a posição de coleta mediana houve diferença estatística significava, onde a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> apresentou maior diâmetro de gotas.

**Palavras-chave:** aviação agrícola, aplicação, mecanização.

**Influence of the height and flow in the efficiency of deposition of drops in aerial spraying**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the influence of two heights and two applications of flow efficiency of droplet deposition on aerial spraying. The aircraft used was a EMB201. To determine the density of droplets used a magnifying glass, and geometric mean diameter of the droplets was determined by specific scale. The treatments were: T1-T2 with a flow rate of 10 L ha<sup>-1</sup> and heights of 2 and 4 yards. T3-T4 with a flow rate of 20 L ha<sup>-1</sup> and heights of 2 and 4 yards. The experimental design was completely randomized with treatment means were compared by F test at 5% probability. In the position above the canopy collects the droplet density was statistically superior to the flow of 20 L ha<sup>-1</sup> application and height of 2 meters. As for the position of collecting median statistically significant difference between the flows, where the flow rate of 20 L ha<sup>-1</sup> provided greater density drops. For the droplet diameter in the position of collecting higher difference was not statistically significant for height and flow, as to the position of collecting statistical difference meant median, where the flow rate of 20 L ha<sup>-1</sup> showed higher droplet diameter.

**Keywords:** agricultural aviation, application, mechanization.

## Introdução

No Brasil, a aviação agrícola é mais utilizada na cultura da soja, com mais de novecentos mil hectares pulverizados todos os anos, área essa com provável aumento pelo crescente número de áreas com a cultura ou pelo incremento do uso da aviação agrícola por lavouras de grande extensão (Silva, 1986). O mesmo autor também afirma que, na região de Cruz Alta, RS, os aviões são utilizados, em sua maior parte para aplicação de inseticidas em lavouras de soja, visando o controle de pragas em locais onde é inviável a utilização de equipamentos terrestre, seja pela topografia do relevo, pelo pouco tempo disponível ou pela extensão da área a ser tratada.

A distribuição de gotas e a largura de faixas estão diretamente relacionadas com a altura de vôo. Esta altura é uma característica ou parâmetro básico de aplicação para cada modelo ou marca de aeronave. Um vôo, muito baixo, causará um efeito que forçará violentamente a camada de ar para cima, arrastando também as gotas, que por causa da demora de permanência em suspensão, são perdidas por evaporação. Por outro lado, um vôo muito alto, ocasionará perdas de gotas por evaporação durante o longo percurso rumo ao alvo desejado. O ponto ótimo é quando se consegue uma faixa de deposição mais adequada possível, utilizando um volume de gotas tão baixo que permita obter uma deposição de gotas recomendada. (Santos, 1988). De acordo com as Recomendações da Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo (1987), a melhor densidade de gotas em pulverização aérea ocorre com vazão média de 20 a 30 l ha<sup>-1</sup> a uma altura de vôo de 2 a 3 metros.

Segundo Ozeki e Kunz (1998), afirmam que a densidade de gotas constitui o parâmetro mais fácil de ser determinado e que somente por ela pode se estabelecer a vazão em uma aplicação. Atestam também que na prática uma cobertura de 20 gotas cm<sup>-2</sup> é suficiente para a maioria dos produtos, e poderá ser obtida utilizando-se volume alto produzindo gotas grandes, ou mediante baixo volume com gotas pequenas.

Com a evolução da aviação agrícola no Brasil, estudos devem ser intensificados para melhorar as técnicas de aplicação a fim de reduzir custos e perdas, visto que um está correlacionado com o outro. Na cultura da soja, o amassamento provocado pelos rodados dos equipamentos agrícolas ocasionam perdas de 6% em plantas adultas e de 10% em frutos no caso do algodão (Vasconcelos, 1997). Daí a importância do estudo da viabilidade técnica-econômica da pulverização aérea.

O presente trabalho objetivou avaliar a influência de duas alturas de aplicação e duas vazões na eficiência de deposição de gotas em pulverização aérea.

### **Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido em setembro de 1998, sobre lavoura de trigo, localizada no município de Cruz Alta, RS. A aeronave utilizada foi EMB 201, IPANEMA, com 48 bicos, série Teejet D4-25 na vazão de 10 L ha<sup>-1</sup> e D6-45 na vazão de 20 ha<sup>-1</sup>, com velocidade de vôo de 185 km h<sup>-1</sup>.

As aplicações foram realizadas no período da tarde, entre 15:30 e 16:40 horas, com umidade relativa do ar em torno de 77% e temperatura entre 25°C e 26°C. As temperaturas neste dia variaram entre a mínima de 7,4°C e 27,4°C e a insolação foi de 10 horas e 20 minutos. A velocidade do vento durante a aplicação variou entre 1 e 3 km h<sup>-1</sup>. Estas informações foram obtidas na estação meteorológica da Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa Fecotriga – FUNDACEP FECOTRIGO de Cruz Alta, RS.

Transversalmente a linha de vôo, fixou-se 5 fileiras, com 5 estacas de madeira cada, distanciadas entre si em 20 m. Entre as estacas de cada fileira o espaçamento foi de 2 metros e as mesmas foram dispostas em duas alturas no interior do dossel vegetativo: 25 estacas na altura superior e 25 estacas na altura mediana. Cada uma das cinco fileiras de estacas representou uma repetição. Sobre as estacas de madeira e antes da aplicação de cada tratamento, eram fixados os papéis sensíveis à água com percevejos, tomando-se o cuidado de manuseá-los com luvas de látex para que o possível suor das mãos não imprimisse marcas. O trajeto aplicado com a aeronave foi 100 metros antes até 100 metros após os locais onde estavam localizados os alvos (papéis sensíveis à água).

As barras de pulverização estavam dispostas a 135° em relação à linha de vôo. Os tratamentos foram os seguintes: T1 - Vazão de 10 L ha<sup>-1</sup> a uma altura de aplicação de 2 m; T2 - Vazão de 10 L ha<sup>-1</sup> a uma altura de aplicação de 4 m; T3 - Vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> a uma altura de aplicação de 2 m; T4 - Vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> a uma altura de aplicação de 4 m.

Avaliou-se a densidade e o diâmetro médio geométrico das gotas, em duas alturas de aplicação, dois e quatro metros, em cada vazão. Na determinação da densidade de gotas utilizou-se uma lupa para realizar a contagem do número de gotas em 1 cm<sup>2</sup>, tendo como critério à região central dos papéis sensíveis à água. Para o diâmetro médio geométrico das gotas, utilizou-se uma escala padrão, elaborada pela Spraying Systems do Brasil Ltda, onde comparou-se o diâmetro das gotas depositadas sobre os papéis sensíveis à água com as gotas já padronizadas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 2x2 (duas vazões x duas alturas de aplicação). Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias de tratamentos comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

### Resultados e discussão

A densidade de gotas depositadas na posição de coleta superior ao dossel vegetativo foi estatisticamente superior para a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> em relação à vazão de 10 L ha<sup>-1</sup> e para a altura de aplicação de 2 metros em relação à de 4 metros. Já para a posição de coleta mediana ao dossel vegetativo, não houve diferença estatística significativa quanto a altura de 2 ou 4 metros, porém a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup>, proporcionou maior densidade de gotas em relação à vazão de 10 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 1).

**Tabela 1.** Densidade de gotas (gotas cm<sup>-2</sup>) na posição de coleta superior e mediana do dossel vegetativo, sob duas vazões e duas alturas de aplicação.

Vazão (L ha <sup>-1</sup> )	Altura de Aplicação (m)		Média
	2	4	
<b>Posição de coleta superior</b>			
10	23,12	19,44	21,28 b <sup>1</sup>
20	39,52	33,00	36,26 a
Média	31,32 A	26,22 B	
F (interação)	0,37 <sup>ns</sup>		
F (altura)	4,87 <sup>*</sup>		
F (vazão)	42,07 <sup>*</sup>		
C.V <sup>2</sup> (%)	17,95		
<b>Posição de coleta mediana</b>			
10	12,64	7,96	10,30 b
20	14,66	15,00	14,83 a
Média	13,65 A	11,48 A	
F (interação)	4,16 <sup>ns</sup>		
F (altura)	3,11 <sup>ns</sup>		
F (vazão)	13,57 <sup>*</sup>		
C.V (%)	21,88		

<sup>1</sup> Médias de tratamentos seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste F; <sup>2</sup> Coeficiente de variação; \* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que há uma tendência de ocorrer uma maior densidade de gotas à medida que se aumente a vazão e diminua a altura de vôo, independente à posição de coleta, superior e/ou mediana. Estes resultados estão de acordo com os valores preconizados pelas Recomendações da Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo (1987).

Quanto ao diâmetro de gotas para a posição de coleta superior do dossel vegetativo, não houve diferença estatística significativa para a altura e/ou vazão. Para a posição de coleta mediana ao dossel vegetativo, houve diferença estatística significava, onde a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup>, apresentou maior diâmetro de gotas em relação à vazão de 10 L ha<sup>-1</sup>, conforme Tabela 2.

Possivelmente, em vista da metodologia utilizada para determinação do diâmetro médio geométrico das gotas, utilizando-se escala na qual comparou-se o diâmetro das gotas obtidas com as gotas já padronizadas, não tenha ocorrido diferenças nos valores.

**Tabela 2.** Diâmetro de gotas( $\mu$ )na posição de coleta superior e mediana do dossel vegetativo, sob duas vazões e duas alturas de aplicação.

Vazão ( litros ha <sup>-1</sup> )	Altura de Aplicação (m)		Média
	2	4	
<b>Posição de coleta superior</b>			
10	500	350	425 a <sup>1</sup>
20	500	500	500 a
Média	500 A	425 A	
F (interação)	6,00 <sup>ns</sup>		
F (altura)	6,00 <sup>ns</sup>		
F (vazão)	6,00 <sup>ns</sup>		
C.V <sup>2</sup> (%)			
<b>Posição de coleta mediana</b>			
10	350	450	400 b
20	500	500	500 a
Média	425 A	475 <sup>A</sup>	
F (interação)	1,60 <sup>ns</sup>		
F (altura)	1,60 <sup>ns</sup>		
F (vazão)	6,40 <sup>*</sup>		
C.V (%)			

<sup>1</sup> Médias de tratamentos seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste F; <sup>2</sup> Coeficiente de variação;

\* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

### Conclusões

A densidade de gotas foi estatisticamente superior com a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> e na altura de aplicação de 2 metros, na posição de coleta superior ao dossel vegetativo. Para a posição de coleta mediana a vazão de 20 L ha<sup>-1</sup> proporcionou maior densidade de gotas;

Verificou-se uma tendência de ocorrer uma maior densidade de gotas a medida que se aumentou a vazão e diminuiu a altura de vôo, independente à posição de coleta se superior e/ou mediana;

O diâmetro de gotas na posição de coleta superior não diferiu estatisticamente entre as alturas e/ou vazões. Na posição de coleta mediana o maior diâmetro de gotas foi encontrado na vazão de 20 l ha<sup>-1</sup>.

### Referências

- OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Manual de aplicação aérea. São Paulo: Ciba Agro, 1990, 46p.
- SANTOS J.M.F. Aviação agrícola. Manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos. RHODIA Agro LTDA, São Paulo SP, 1992. 99 p.
- SILVA M.T.B. Comparativo de aplicação aérea de inseticidas em alto volume e ultra baixo volume em soja. XIV RUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA NA REGIÃO SUL, CHAPECÓ SC. 1986. p.156-157.
- VASCONCELOS, Y. Esquadilha Verde, Suplemento da revista AERO MAGAZINE, ed. Nova Cultural, número 41, São Paulo SP, 1997, 11 p.

---

**Recebido para publicação em:** 14/06/2013

**Aceito para publicação em:** 09/09/2013