

Tecnologias de aplicação de agrotóxicos

Murilo Mesquita Baesso¹, Mauri Martins Teixeira², Renato Adriane Alves Ruas³,
Raquel Couto Evangelista Baesso⁴

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461000003>

RESUMO

Pesquisas mostram que os avanços nas tecnologias de aplicação têm proporcionado melhor condução da calda ao alvo, em grande parte por diminuição da deriva, muitas vezes provocada pela necessidade de utilizar gotas pequenas, que apresentam melhor penetração no dossel das culturas. O desenvolvimento de novas tecnologias de aplicação de agrotóxicos visa à redução da contaminação ambiental, da deriva, do volume de calda, com aumento da segurança do aplicador e melhoria da deposição da calda, para melhor qualidade da pulverização.

Palavras-chave: qualidade da aplicação, tecnologia de aplicação, deposição de gotas.

ABSTRACT

Pesticide application technologies

Research has shown that progress in spraying technology has provided better delivery of the spray solution to the target, mostly by minimizing off-target drift, which is many times caused by the need of using small droplets, once they have better penetration in crop canopy. The development of new pesticide application technologies aim to reduce environmental contamination, off-target drift and spray volume, by improving the sprayer safety and spray deposition and consequently the spraying quality.

Key words: spraying quality, spraying technology, spray deposition.

Recebido para publicação em 23/06/2014 e aprovado em 04/11/2014.

¹Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Engenharia de Biosistemas, Universidade de São Paulo, Avenida Duque de Caxias Norte, 225, 13635-900, Pirassununga, São Paulo, Brasil. baesso@usp.br (autor para correspondência).

²Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. mauri@ufv.br

³Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. renatoruas@ufv.br

⁴Engenheira Agrícola, Doutora. Solinova Soluções em Inovação, Rua Siqueira Campos, 2729, 13631-010, Pirassununga, São Paulo, Brasil. raquelevangelista@hotmail.com

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS NAS PROPRIEDADES AGRÍCOLAS

A qualidade de uma aplicação de agrotóxicos pode ser analisada pela deposição, cobertura, deriva e eficácia do controle desejado. Porém, diversos fatores podem interferir nesse processo e o tamanho das gotas utilizadas é de fundamental importância para garantir a eficiência, ou para causar o fracasso da aplicação. Se as gotas são pequenas, conseguem-se maior cobertura superficial e melhor uniformidade de distribuição da calda, mas elas podem-se evaporar, em baixa umidade relativa, ou ser levadas pela corrente de ar. Se são gotas grandes, podem escorrer da superfície da folha, antes mesmo de o produto ser absorvido pelo alvo.

A avaliação dos depósitos de gotas sobre alvos é o método mais representativo para se entender os aspectos relacionados com a pulverização de fitossanitários (Bauer *et al.*, 2008; Derksen *et al.*, 2012; Yasin, 2012). Para isso, podem-se usar lâminas de microscópio, revestidas por uma camada de óxido de magnésio (as gotas formam crateras, que são contadas e os diâmetros medidos), traçadores misturados na calda, ou, ainda, etiquetas amostradoras, nas quais, após a pulverização, surgem manchas sobre o alvo.

Para que se tenha visão global dos resultados físicos, provenientes do fracionamento dos produtos químicos aplicados, é fundamental o estudo dos níveis de cobertura e de distribuição sobre os alvos e isso só pode ser feito com rigorosa coleta de informações sobre os coletores (Carvalho & Junior, 2004).

Os papéis sensíveis à água são usados há mais de 30 anos; são amarelos e sua superfície fica azulada quando em contato com as gotas. Essa transição na cor é devida à reação provocada pela ionização do bromophenol. Esta propriedade fornece um registro da gota, por meio da mancha formada no papel, um método alternativo e econômico para os estudos da qualidade de aplicação. Para que se possa garantir bom controle das pragas e doenças, é necessário conhecer o espectro das gotas, de forma a adequar seu tamanho, com base nas condições meteorológicas no momento da aplicação e no tipo de alvo selecionado.

USO DE ETIQUETAS AMOSTRADORAS

As etiquetas devem ser afixadas nas posições em que se deseja analisar o espectro das gotas, que nada mais é que a classificação das gotas em classes de tamanho, considerando-as em percentagem de volume ou número de gotas. Após a pulverização, cada grupo de etiquetas do mesmo tratamento deve ser devidamente identifica-

do, fotografado ou escaneado, para posterior processamento das imagens. Nesta etapa, deve-se levar em conta o fator expansão ou espalhamento, que varia conforme o tipo de papel utilizado.

A Figura 1 ilustra duas etiquetas após a pulverização, uma com gotas pequenas (A) e outra com gotas grandes (B).

FORMAS DE EXPRESSAR O TAMANHO DAS GOTAS

Inúmeras análises podem ser feitas, no intuito de obter essas informações. Entre elas, destacam-se:

Diâmetro da mediana volumétrico (DMV)

É o diâmetro em que a metade do líquido aplicado é constituída de gotas de diâmetro superior a ele, sendo a outra metade formada por gotas com diâmetro inferior a ele, ou seja, é dividido em duas partes de volumes iguais. Esse valor fica próximo das classes superiores das gotas amostradas, em razão de poucas gotas grandes terem maior influência no total do volume coletado. O tipo de bico e a pressão de trabalho influenciam diretamente nesse valor.

Diâmetro da mediana numérico (DMN)

Indica o diâmetro de gota em relação ao qual metade do número das gotas produzidas é constituída de gotas de diâmetro maior que ele, sendo a outra metade de gotas de diâmetro menor. Neste fator, as gotas pequenas têm maior influência.

Coefficiente de Homogeneidade (CH)

Com este valor, pode-se analisar a variação do tamanho das gotas, ou seja, quanto mais próximo de 1 estiver o valor de CH, mais homogênea é a população. O coeficiente de homogeneidade é determinado pela equação:

$$CH = \frac{DMV}{DMN} \quad (1)$$

em que:

CH = coeficiente de homogeneidade, adimensional;

DMV = diâmetro da mediana volumétrico, (μm);

CH = coeficiente de homogeneidade, adimensional;

DMV = diâmetro da mediana volumétrico, (μm);

DMN = diâmetro da mediana numérico, (μm).

Amplitude relativa ao diâmetro de gotas do jato aplicado (SPAN)

O SPAN, assim como o CH, analisa a variação do tamanho das gotas, sendo determinado, utilizando-se a seguinte equação:

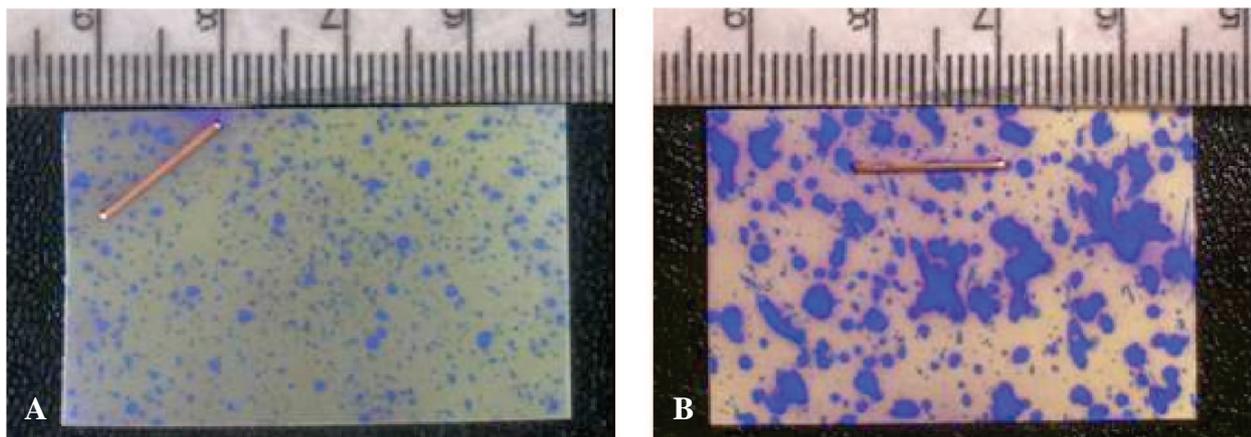


Figura 1. Etiquetas após a pulverização: gotas pequenas (a) e gotas grandes (b).

$$SPAN = \frac{Dv_{0,9} Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}} \quad (2)$$

em que:

SPAN = amplitude relativa ao diâmetro de gotas do jato aplicado;

$Dv_{0,1}$ = diâmetro da gota, para o qual 10% do volume pulverizado apresenta gotas de diâmetro inferior a ele, (μm);

$Dv_{0,5}$ = diâmetro da gota, para o qual 50% do volume pulverizado apresenta gotas de diâmetro inferior a ele, (μm); e

$Dv_{0,9}$ = diâmetro da gota, para o qual 90% do volume pulverizado apresenta gotas de diâmetro inferior a ele, (μm).

A Figura 2 ilustra três pulverizações com o mesmo DMV, porém com diferentes valores do coeficiente de homogeneidade e da amplitude relativa. Pode-se observar que a aplicação (A) tem o valor do coeficiente de homogeneidade próximo de 1, mostrando que os tamanhos das gotas produzidas são bem próximos (menor variação do tamanho das gotas). Assim, a aplicação terá melhor eficácia, diferentemente da aplicação (C), em que há gotas muito pequenas e gotas muito grandes, o que pode interferir na qualidade da aplicação.

TAMANHO DE GOTAS

Para que a aplicação de agrotóxicos seja adequada, deve-se escolher o tamanho das gotas conforme as condições climáticas e o tipo de alvo. Por exemplo: caso a aplicação seja feita em locais de baixa umidade e temperaturas altas, devem-se utilizar gotas maiores, que correm menor risco de evaporar; quando é necessária maior penetração das gotas nos alvos, devem-se usar gotas menores. Em resumo, pode-se afirmar que gotas com diâmetros muito baixos produzem deriva e aquelas com diâmetros elevados provocam escorrimento da

calda aplicada. Nos dois casos, há falha no processo de aplicação.

Gotas finas ($<200 \mu\text{m}$) são mais arrastadas pelo vento e causam problemas com contaminação de outras áreas, além de evaporarem antes de atingirem o alvo. Porém, proporcionam melhor cobertura do alvo e maior quantidade de deposição de gotas por cm^2 (em condições climáticas adequadas); apresentam também alta capacidade de penetração na cultura e reduzem a possibilidade de escorrimento do produto nas folhas. Gotas médias ($200 - 400 \mu\text{m}$) apresentam características intermediárias às das gotas grandes e das pequenas. Gotas grossas ($> 400 \mu\text{m}$) são menos arrastadas pelo vento e apresentam menores problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo. Porém, proporcionam menor cobertura da superfície a ser tratada e concentração de gotas por cm^2 ; apresentam baixa capacidade de penetração na cultura e elevam a possibilidade de escorrimento do produto nas folhas.

DENSIDADE DE GOTAS

A Tabela 1 apresenta recomendações mínimas das populações de gotas para os diferentes tratamentos de culturas de porte baixo.

COBERTURA DE GOTAS

Pode ser definida como a porcentagem do alvo que foi coberta pela calda. Em outras palavras, é a área ocupada pelas gotas após uma aplicação. A Figura 3 mostra um alvo totalmente coberto por gotas grandes (a) e pequenas (b).

A cobertura ideal depende do tipo de alvo a ser atingido. No caso de doenças, o alvo é pequeno e em grande número, exigindo elevada cobertura, devendo-se usar gotas pequenas. No caso do controle de insetos, em função da maior mobilidade e de menor número, dá-se preferência às gotas grandes. Outro exemplo é a utilização de herbicidas de contato. Neste caso, deve-se optar por

maior cobertura, pois o alvo deve ser atingido pela gota, diferentemente do controle de fungos por um fungicida sistêmico, em que a cobertura não é tão importante, já que o produto será absorvido pela planta.

AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDOS DURANTE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS NA PULVERIZAÇÃO NO CAMPO

A aplicação de agrotóxicos é importante na produção agrícola e florestal. A proteção química com herbicidas, fungicidas e inseticidas possibilita a produção em grande escala e com menor custo. Quanto melhor a tecnologia de aplicação, melhor é a aplicação, menor é a dose necessária para controle efetivo, menor é a quantidade de produto que atinge outros alvos, mais eficiente é o controle, logo, menor é o número de aplicações necessárias. Todos esses fatores contribuem para maior conservação ambiental, além de considerável economia com o uso de

insumos. Para uma boa qualidade de aplicação, há necessidade de se avaliar a uniformidade de distribuição da calda durante a aplicação. Vários trabalhos vêm sendo realizados, procurando determinar a uniformidade de distribuição de depósitos da calda de pulverização. Quantificar essa deposição no dossel das plantas é uma importante técnica para avaliar a eficiência da pulverização; para isso, vários métodos têm sido desenvolvidos.

As avaliações dos depósitos são utilizadas nas pesquisas de tecnologia de aplicação, como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação de agrotóxicos (Palladini, 2000).

MÉTODO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Neste método, a avaliação das perdas e do depósito volumétrico da calda sobre as folhas é baseada na determinação da condutividade elétrica da solução pulverizada. Este método foi descrito por Abi Saab (1996) e, segundo o autor, foi sugerido por Velini *et al.* (1995).

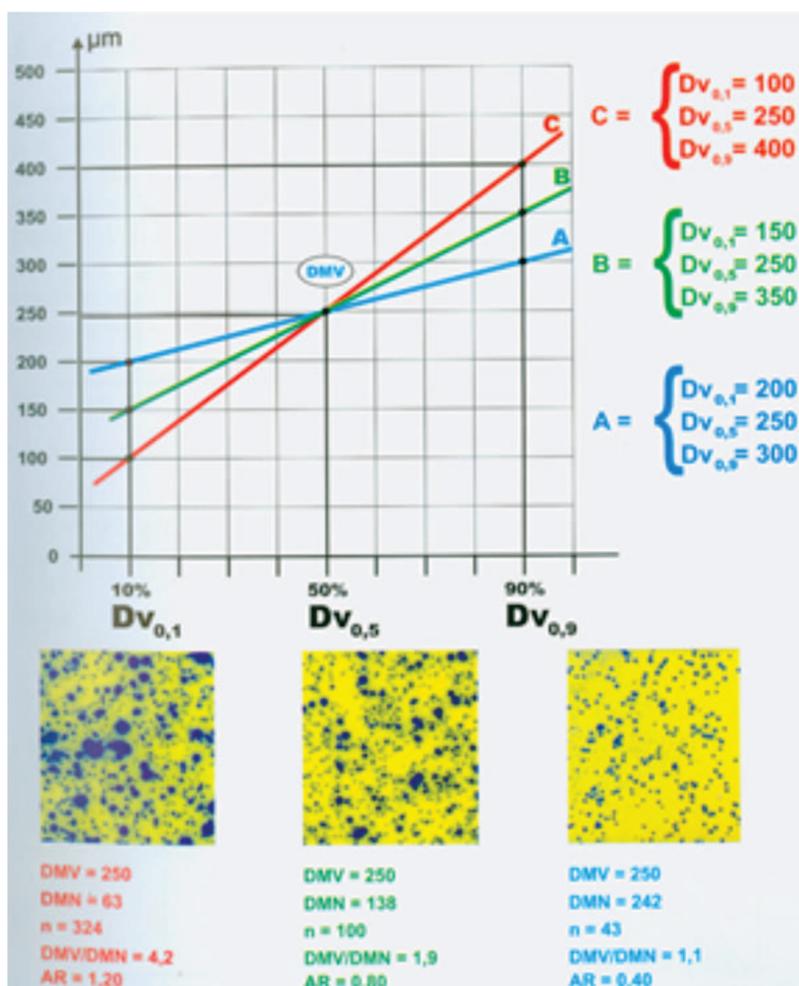


Figura 2. Três pulverizações com mesmo DMV, porém com diferentes valores do coeficiente de homogeneidade e da amplitude relativa. Fonte: Ozeki (2006).

Tabela 1. Recomendações mínimas das populações de gotas para os diferentes tratamentos em culturas de porte baixo

PRODUTO	TRATAMENTO	VOL. DE CALDA (L ha ⁻¹)	COBERTURA (gotas cm ⁻²)
Herbicidas	Pré-plantio	200-500	20-40
	Pré-emergência	150-300	20-30
	Pós-emergência	150-300	30-40
Inseticidas		300-400	20-30
Fungicidas		300-400	50-70

Fonte: Barthelemy *et al.*, 1990.

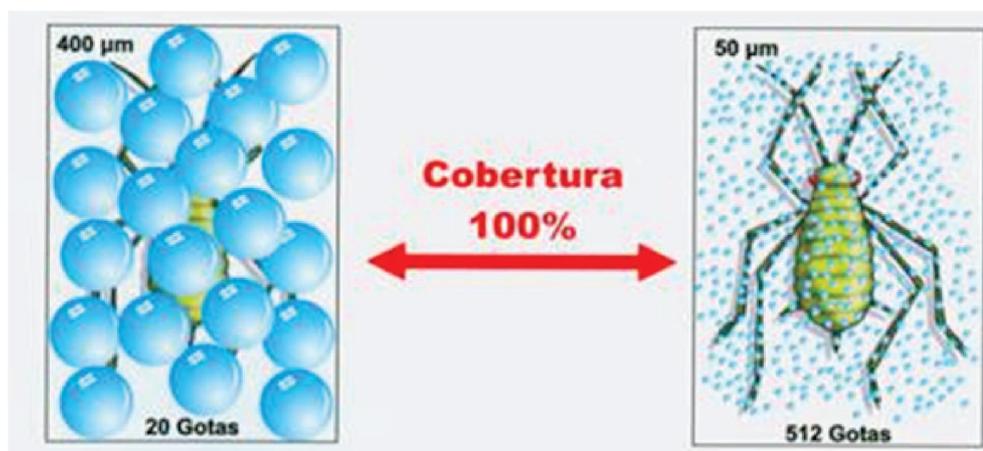


Figura 3. Alvo totalmente coberto por gotas grandes (a) e pequenas (b). Fonte: Ozeki (2006).

A calda deve ser composta da mistura do fungicida, do cloreto de potássio e do corante fluorescente em água, nas seguintes proporções: 100 L de água, 200 g de fungicida (produto comercial), 5.000 g de cloreto de potássio e 715 g de corante.

Inicialmente, são aplicados volumes conhecidos da calda em folhas retiradas das plantas, que, posteriormente, são acondicionadas em sacos plásticos, em conjunto com 30 mL de água destilada e deionizada. O conjunto folha, saco plástico e água deve ser agitado durante 30 segundos e, imediatamente após, deve ser medida a condutividade elétrica da solução obtida. Em seguida, deve ser feita a medida da área foliar. Com esses dados, monta-se uma equação, correlacionando volume de calda depositado sobre as folhas, condutividade da solução de lavagem e área foliar. Abi Saab *et al.* (2002), trabalhando com deposição de agrotóxicos em folhas de videiras, chegou à seguinte equação:

$$Dtf = 0,409003 \times Cs - 0,14881 \times Af - 16,4347 - (r^2 = 0,99) \quad (2)$$

em que:

Dtf = depósito total de calda estimado sobre a folha (mL);

Cs = condutividade elétrica da solução de lavagem da folha (mS/cm);

Af = área estimada da folha (cm²).

De posse desta equação, é feita a pulverização da área com a calda preparada. Após aproximadamente 15 minu-

tos da aplicação, as folhas são coletadas e acondicionadas em sacos plásticos, passando pelo mesmo processo de lavagem e leitura da condutividade elétrica, descrito anteriormente. Os dados de condutividade devem ser aplicados à Equação 3, obtendo-se, assim, os valores estimados do volume total de calda depositado em cada folha. Posteriormente, esses valores devem ser divididos pela área estimada da folha, obtendo-se, assim, o depósito estimado de calda por cm² de folha.

USO DE TÉCNICAS ESPECTROMÉTRICAS E FLUORIMÉTRICA

Uma das técnicas usadas para a quantificação de depósitos de agrotóxicos é a adição de traçadores à calda de pulverização, que depois terão sua concentração medida por análise espectrométrica. Nessa análise, determina-se a absorção de radiação eletromagnética de ondas com o comprimento entre 160 e 3000 nm, utilizando-se uma fonte de luz de filamento de tungstênio, alimentada por uma fonte estabilizada, que fornece radiação de intensidade constante. Após sofrer difração, a radiação passa pelo recipiente das amostras e chega até uma célula fotoelétrica. Em seguida, o sinal elétrico gerado é amplificado e um transdutor alimenta o medidor. Este último, por sua vez, pode ser calibrado em transmitância ou absorbância.

Os traçadores devem ter as seguintes características:

- não devem ser absorvidos ou degradados após sua aplicação em campo;
- não devem mudar as características físicas e químicas da calda;
- devem ser de fácil remoção do tecido foliar;
- devem ser sensíveis às detecções;
- devem ser altamente solúveis quando misturados à calda;
- devem apresentar boa estabilidade;
- devem ter custos moderados.

Um exemplo de traçador que segue essas características e vem sendo usado em inúmeras pesquisas é o traçador corante azul FCF (catalogado internacionalmente pela “Food, Drug e Cosmetic” como FDeC Blue n° 1). Após a pulverização, as folhas devem ser retiradas nas regiões de interesse (posições baixas, médias e altas) e acondicionadas em recipientes plásticos ou sacos de papel. É importante que esta etapa seja feita imediatamente após a coleta, para que não ocorra perda da solução (calda + traçador). Posteriormente, as folhas devem ser lavadas em recipientes com 100 mL de água destilada. Esses recipientes são fechados, agitados por 30 s e a solução resultante da extração será analisada em espectrofotômetro, para registrar a absorbância em 630 nm (faixa de detecção do corante azul utilizado). As folhas terão sua área medida por meio de programa computacional de processamento de imagens.

Com o uso da curva de calibração obtida por meio de soluções-padrão, os dados de absorbância serão transformados em concentração (mg L^{-1}). De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, será determinado o volume retido no alvo. A partir destes resultados, proceder-se-á, então, à divisão do depósito total pela área foliar de remoção, obtendo-se, assim, a quantidade em $\mu\text{L cm}^{-2}$ de folha. A Figura 4 ilustra um espectrofotômetro modelo SP 11 05, que pode ser usado nesta metodologia.

O traçador também pode ser escolhido entre os pigmentos fluorescentes, como “Saturn Yellow”, “blaze orange” e “Rhodamina-B”; porém, esses produtos elevam o custo da técnica. Nesse caso, a leitura da solução deve ser feita por outro equipamento, chamado fluorímetro.

Em sua maioria, os métodos utilizados na quantificação dos depósitos de pulverização são rápidos e pouco exigentes em recursos, levando-se em conta que, em muitos casos, um controle mau feito de uma doença ou praga, por causa da uniformidade de distribuição inadequada, provoca reinfestação da área tratada, aumentando o custo de controle e prejudicando ainda mais o meio ambiente. Assim, sempre que for possível, a aplicação



Figura 4. Espectrofotômetro modelo SP 11 05.

de agrotóxicos deve ser precedida de maiores cuidados, garantindo controle eficiente, além de proporcionar menor contaminação ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que a avaliação das pulverizações agrícolas é fundamental, visando à obtenção de resultados satisfatórios e ao aperfeiçoamento de novas tecnologias. Trabalhando com os princípios da tecnologia de aplicação, aumenta-se a eficácia do controle e há menor contaminação do meio ambiente, de pessoas e de animais.

REFERÊNCIAS

- Abi Saab OJG, Antuniassi UR, Fonseca ICB, Genta W & Batistela M (2002) Efeito do tamanho de gota e volume de aplicação na deposição de agrotóxicos em folhas de videiras. *Ciências Agrárias*, 23:221-228.
- Abi Saab OJG (1996) Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no Município de Londrina/PR. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 67p.
- Barthelemy P, Boisgointer D, Jouy L & Lajoux P (1990) Choisir les outils de pulvérisation. Paris, Institut Technique des Céréales et des Fourrages. 160p.
- Bauer FC, Almeida E, Marques DC, Rossi T & Pereira FAR (2008) Deposição de pontas de pulverização AXI 11002 e JA-2 em diferentes condições operacionais. *Ciência Rural*, 38:1610-1614.
- Carvalho WPA & Junior JAF (2004) Estudo comparativo entre coletores para determinação do DMV e coeficiente de dispersão na amostragem de gotas em aplicações de produtos líquidos. *Revista Energia na Agricultura*, 12:28-37.
- Derksen RC, Canas LA, Ranger CM, Reding ME & Ozkan HE (2012) Implications for pesticide delivery and insecticide selection using chemical analysis of plant tissue and efficacy. *International Advances in Pesticide Application - Aspects of Applied Biology*, 114:279-286.
- Ozeki Y (2006) Manual de aplicação aérea. São Paulo, Ciba Agro. 101p.
- Palladini LA (2000) Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 111p.
- Yasin M (2012) Air assisted sleeve boom sprayer. *Ama-Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America*, 43:61-66.