PRODUÇÃO VEGETAL

Revista Varia Scientia Agrárias
v. 04, n.01, p. 93-104

Amanda Mirelle Bernardes[1],
Mauri Martins Teixeira[2],
Marcelo Coutinho Picanço[3],
André Luís da Silva Quirino[4],
Christiam Felipe Silva Maciel[5],
Humberto Santiago[6]

ESPECTROFOTOMETRIA DA DEPOSIÇÃO DE AGROTÓXICO NO DOSSEL DO TOMATEIRO

RESUMO: Objetivou-se com o trabalho avaliar a uniformidade de distribuição e a deposição de calda no dossel do tomateiro, utilizando a técnica da espectrofotometria. O experimento foi realizado em lavoura comercial de tomate, cultivar Santa Clara, no município de Coimbra, MG, Brasil. Os ensaios foram realizados utilizando o pulverizador costal manual, com capacidade de 20 L, instalados em esquema fatorial 3x2: três volume de pulverização, duas doses do inseticida. Foi usado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os volumes de calda por unidade foliar foram analisados em seis posições no dossel da planta: superior externo e interno, mediano externo e interno, inferior externo e interno. Não houve diferença significativa, independentemente da dose e parte do dossel da planta quando analisada a interação volume/dose. Para todos os volumes de pulverização estudados, a maior deposição de calda (mL cm^{-2}) ocorreu nas posições externas.

PALAVRAS-CHAVE: corante azul brilhante; espectrofotômetro; qualidade de aplicação.

SPECTROPHOTOMETRY OF PESTICIDES DEPOSITION IN TOMATO PLANTS CANOPY

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the uniformity of distribution and the spray solution deposition on tomato plants canopy using the technique of spectrophotometry. The experiment was conducted in a

Data de submissão: 22-12-2013. Data de Aceite: 18-03-2014
[1] Engenheira Agrônoma, UFV, e-mail: amandamufv@hotmail.com.
[2] Eng. Agrícola, Doutor, DEA- UFV.
[3] Eng. Agrônomo, Doutor, DBA-UFV.
[4] Eng. Agrônomo, Doutorando, DEA-UFV.
[5] Eng. Agrônomo, Doutorando, DEA-UFV.
[6] Eng. Agrônomo, Doutorando, DEA-UFV.

commercial field of tomatoes, variety Santa Clara, in the town of Coimbra, MG, Brazil. The tests were performed by the use of a manual backpack sprayer, and pesticides tank of 20 L. The experimental design was a randomized block with three replications in a factorial scheme 3 x 2: three spray volumes and two insecticide doses. The spray volumes per leaf unit were analyzed in six positions in the plant canopy: on the top and external, top and internal, middle part and external, middle part and internal, bottom and external, and bottom and internal. There was no significant difference regardless of dose and position in the plant canopy when analyzed the volume/dose interaction. For all spray volumes studied, the highest spray solution deposition (μL cm-^{2}) occurred on the externals positions.

KEYWORDS: Brilliant Blue dye tracer, spraying quality, spectrophotometer.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma cultura de grande importância econômica e social em quase todo o mundo. A fruta é muito apreciada devido ao seu elevado valor nutritivo (vitamina A e C, fosfato e potássio), além de apresentar cerca de 95% de água em sua comparte (SARAIVA, 2004). No Brasil, essa hortaliça ocupa o segundo lugar em produção, sendo superada apenas pela batata; o país é o sexto maior produtor de tomate, ficando atrás de China, Estados Unidos, Itália, Turquia e Egito.

No país, a traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) é considerada a praga mais importante dessa cultura. Ela foi constatada no início da década de 80 e, desde então, vem se espalhando pelas regiões produtoras, comprometendo seriamente a produtividade devido à sua alta capacidade destrutiva (BACCI, 2006).

Os agrotóxicos são usados na agricultura moderna a fim de proteger as culturas de pragas. Entretanto, para aumentar o depósito da calda no alvo, é necessário usar artifícios como assistência de ar na barra porta-bico e eletrificação das gotas (ZHAO; CASTLE; ADAMIAK, 2005).

Segundo Cunha, Teixeira e Fernandes (2007), uma aplicação eficiente requer cobertura adequada da superfície-alvo com tamanho de gotas apropriado. Utilizando gotas pequenas, geralmente, se conseguem uma boa cobertura e uniformidade na distribuição da calda.

A qualidade da aplicação de defensivos agrícolas pode ser fundamental para atingir a produtividade da cultura e essa operação tem como objetivo aplicar a dose correta do defensivo no alvo (SUGUISAWA, 2007). Nas pulverizações, as perdas de produtos

fitossanitários podem ultrapassar 70% do total do produto aplicado (CHAIM; VALARINI; PIO, 2000). Outros pesquisadores verificaram perdas entre 30% e 50% (CHAIM *et al.*, 2003).

Para avaliação do depósito de calda de pulverização, há diversas opções: utilização de alvos artificiais (tiras de papel, lâminas de vidro); uso de papéis hidrossensíveis; utilização de traçadores especiais, solúveis em água, para determinação das quantidades depositadas por meio de lavagem do material coletado, que depois terá sua concentração medida por análise espectrofotométrica (PALLADINI, 2000).

Vários autores têm estudado a utilização de corantes alimentícios como traçadores e sua quantificação com o auxílio do espectrofotômetro, para medir a radiação eletromagnética, no comprimento de onda de 630 nm (COSTA *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2005). Constatou-se a viabilidade do uso do traçador para a quantificação na deposição da calda de pulverizada (COSTA *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2005).

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho quantificar e avaliar a distribuição e a deposição de líquido pulverizado no dossel da planta, utilizando um pulverizador costal manual em função do volume de calda aplicado, das posições do dossel da planta e da dose de inseticida utilizado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em lavoura comercial de tomate, cultivar Santa Clara, no município de Coimbra, Minas Gerais, Brasil, localizado na microrregião de Viçosa, com as seguintes coordenadas geográficas centrais: latitude 20°51'24" S e longitude 42°48'10" W e altitude de 720 metros, no mês de dezembro de 2009. O espaçamento médio das plantas era de 1,00 m entre linhas. Elas possuíam altura média de 1,69 m e largura de copa média de 0,53 m. Os ensaios foram realizados utilizando o pulverizador costal manual, da marca Jacto, modelo PJH, com capacidade de 20 L. A lança de pulverização foi posicionada de maneira que a ponta de pulverização durante a aplicação se posicionasse a aproximadamente 0,50 m do alvo.

Para avaliação da deposição no tomateiro, adicionou-se à calda de pulverização o traçador Azul Brilhante FCF (catalogado internacionalmente pela "Food, Drug & Cosmetic" como FD&C Blue n°.1) na proporção de 3 g do corante por litro de água (PALLADINI, 2000; SCUDELER; BAUER; RAETANO, 2004). A solução foi analisada utilizando-

se o espectrofotômetro UV-VIS, modelo SP 1105.

A aplicação do produto foi realizada utilizando o pulverizador costal manual com três volumes de pulverização. Para pulverização primeiramente foi medido o volume do dossel do tomateiro. Este volume foi baseado no método TRV (Tree Row Volume). Nesse método, a determinação do volume de calda para pulverização é baseada no volume de vegetação existente na área, ou seja, um volume predeterminado em função do volume de vegetação existente em um hectare (Equação 1).

$$TRV = \frac{H\ L\ 10000}{D} \qquad (1)$$

em que
TRV = Volume do dossel do tomateiro, $m^3\ ha^{-1}$;
H = Altura do dossel do tomateiro, m;
L = Largura do dossel do tomateiro, m;
D = Distância entre linhas, m.

A ponta de pulverização do tipo leque AIXR 11002 da Marca Teejet® foi utilizada. Os volumes de pulverização foram: VP_1 = 300 L ha^{-1}; VP_2 = 400 L ha^{-1}; VP_3 = 500 L ha^{-1}. Utilizaram-se duas doses diferentes do inseticida Indoxacarbe (100% e 50% da dose recomendada do inseticida-16 g p.c / 100 L de calda). Com os valores de TRV e os volumes de pulverização, o Índice Volumétrico foi calculado conforme Equação 2:

$$IV = \left(\frac{VP}{TRV}\right) 1000 \qquad (2)$$

em que
IV = Índice de Volumétrico, mL m^{-3};
VP = Volume de pulverização, L ha^{-1};
TRV = Volume do dossel tomateiro, $m^3\ ha^{-1}$.

Os Índices volumétricos recomendados para a pulverização foram seguidos de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 Índices volumétricos recomendados para diferentes volumes de pulverização

Volume de Pulverização	Índice de Volumétrico (mL m^{-3})
Muito alto	120
Alto	100
Médio	70
Baixo	50
Muito baixo	30
Ultra baixo	10

Fonte: Virginia Cooperative Extension Service (1989).

Com o pulverizador costal foram avaliados três índices volumétricos e duas doses do produto (100% e 50% da dose recomendada do inseticida) na eficácia de controle da traça-do-tomateiro, constituindo um esquema fatorial 3 X 2 num total de seis tratamentos, com os tratamentos dispostos no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

Na coleta das amostras de folhas para avaliação da deposição de calda (água+produto+corante), o dossel do tomateiro foi dividido em três terços (superior, médio e inferior) e em cada terço foram consideradas duas diferentes profundidades (externa – P_1 e interna – P_2).

Para a medição da velocidade do vento, utilizou-se um termo-anemômetro digital marca INSTRUTHERM, modelo TAFR-180, e para a medição da temperatura e da umidade relativa foi utilizado um psicrômetro "METEORO INSTRUMENTOS – M-II".

Em cada nível, foram coletadas, como amostras, cinco folhas, totalizando 30 folhas por planta. Após cada pulverização, as folhas foram retiradas e acondicionadas individualmente em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenados em recipiente escuro para posterior análise laboratorial. Encerradas as aplicações, recolheu-se uma amostra da calda para a calibração do espectrofotômetro em várias concentrações conhecidas (mg L^{-1}) do traçador.

Posteriormente, as folhas acondicionadas em sacos de polietileno foram lavadas em 100 mL de água destilada. Esses recipientes foram fechados e agitados por 30 segundos. A solução resultante da extração foi analisada em espectrofotômetro para medir a sua absorbância, usando o comprimento de onda de 630 nm (faixa de detecção do corante Azul Brilhante).

Para a determinação da área foliar, as folhas foram fotografadas utilizando-se uma câmera digital, marca Sony, modelo DSC-W35, com resolução de 7.2 megapixels, e analisadas com o auxílio do software "Image Tool", versão 3.0. Determinou-se, assim, sua área em cm^2. Com base nessas informações, procedeu-se, então, à divisão do depósito total correspondente ao volume retido no alvo pela área foliar de remoção, obtendo-se a quantidade de produto na folha ($\mu L\ cm^{-2}$).

Os dados foram submetidos à Análise de Variância e de Regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste Tukey e adotando-se o nível de 5% de probabilidade no coeficiente de determinação (R^2 = S.Q. Regressão/ S.Q. Tratamentos) e no fenômeno biológico. Para análise estatística dos resultados, foi utilizado o programa computacional SAEG 9.1 (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os volumes de pulverização (VP_1 = 300 L ha^{-1}; VP_2 = 400 L ha^{-1}; VP_3 = 500 L ha^{-1}) e o volume do dossel do tomateiro (Equação 1), foram calculados a partir da Equação 2 os índices, obtendo-se os Índices de Volumétricos (IV): IV_1 = 33,4 ml m^{-3}; IV_2 = 44,5 ml m^{-3}; IV_3 = 55,6 ml m^{-3}. Comparando os valores obtidos com o Índice volumétrico tabelado (Tabela 1), os volumes de pulverização para IV_1 e IV_2 foram considerados como muito baixos e o IV_3 foi considerado volume de pulverização baixo.

Durante a realização do ensaio, a velocidade do vento ficou entre 2,5 e 8,9 m s^{-1}, a temperatura oscilou entre 27 e 27,2°C e a umidade relativa entre 63 e 67%.

Nas Figuras 1 e 2, são apresentados os resultados referentes à calibração, para as caldas com 100% e 50% da dose recomendada do inseticida, respectivamente, obtendo-se as equações ajustada para cada calibração.

A análise da variância dos volumes de líquidos retidos nas folhas do tomateiro de acordo com a dose do produto aplicada, o volume de pulverização e a parte na copa do tomateiro é apresentada na Tabela 2.

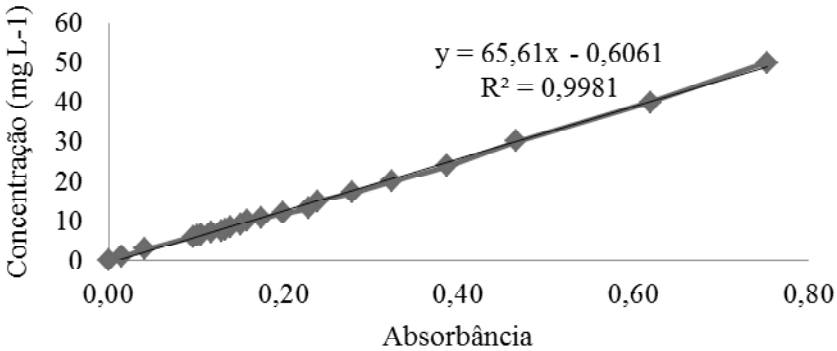

Figura 1 Calibração do espectrofotômetro para calda com 100% da dose recomendada

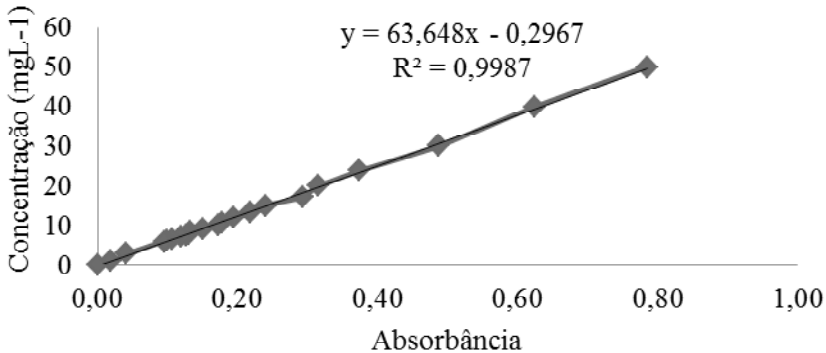

Figura 2 Calibração do espectrofotômetro para calda com 50% da dose recomendada

Tabela 2 Resumo da Análise de variância da deposição de calda retida nas folhas do tomateiro de acordo com a dose aplicada, o volume de pulverização e a parte na copa do tomateiro

FV	GL	Quadrados médios
Volume	2	20,7333 ^{ns}
Dose	1	724,0004 **
Dose x Volume	2	12,5095 **
Resíduo (a)	12	69,5424
Parte da planta	5	1433,486 **
Parte x Dose	5	109,33 *
Parte x Volume	10	27,315 ^{ns}
Parte x Volume x Dose	10	19,3847 ^{ns}
Resíduo (b)	60	40,8706
CV (%) Parcela		40,4149
CV (%) Subparcela		30,982

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade; e * significativo a 5% de probabilidade.

Verifica-se que não houve interação significativa entre os fatores avaliados (parte, volume e dose). Entretanto, houve interação significativa em dose, parte, dose x volume e parte x dose. Mesmo não havendo interação entre os fatores (parte, volume e dose), optou-se por fazer o desdobramento e estudar as interações volume/dose, dose/volume e parte/dose.

Para o desdobramento volume/dose, considerou-se a dose como fator quantitativo, fazendo-se então o estudo a partir de regressão. Já para dose/volume e parte/dose, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando seu nível de 5% de probabilidade.

Observou-se que para a variável analisada, independente da dose e da parte na planta, seguiu-se o modelo linear em que o modelo da equação ajustada é o valor da média de cada fator, o que evidencia que a interação volume/dose não teve representação (Tabela 3).

Tabela 3 Análise de regressão da análise espectrofotométrica medindo o volume de líquido retido nas folhas do tomateiro (μL cm^{-2}), considerando as doses (50 e 100% da dose recomendada) do inseticida

Dose (%)	Parte	Variável	Equação Ajustada
50	Superior Externo	Volume retido	y = 28,5381
	Superior Interno	Volume retido	y = 15,5664
	Mediano Externo	Volume retido	y = 35,0079
	Mediano Interno	Volume retido	y = 17,4771
	Inferior Externo	Volume retido	y = 29,6468
	Inferior Interno	Volume retido	y = 13,1055
100	Superior Externo	Volume retido	y = 30,1247
	Superior Interno	Volume retido	y = 11,6094
	Mediano Externo	Volume retido	y = 23,4977
	Mediano Interno	Volume retido	y = 7,0924
	Inferior Externo	Volume retido	y = 10,3031
	Inferior Interno	Volume retido	y = 10,3031

Observando-se a Tabela 3, verifica-se que independente da dose e da posição analisada a interação volume/dose não foi representativa. Como as equações ajustadas, para todas as partes e doses analisadas, foram lineares, não se apresentou valor de R^2, sendo considerado o modelo como linear.

Com os resultados das análises de regressão, pode-se verificar que, independente do volume aplicado (300, 400 e 500 Lha^{-1}), não houve diferença significativa na distribuição da calda no perfil do tomateiro. A explicação para os resultados obtidos pode residir no fato de que os volumes aplicados estavam abaixo do volume de calda recomendado pelo fabricante, ou seja, 1000 L ha^{-1}.

A redução do volume de calda e das doses atualmente utilizadas é uma metodologia de grande potencial a ser utilizada na cultura do tomate estaqueado, segundo Chaim *et al.* (1999).

Considerando os valores de 50% e 100% da dose recomendada, verificou-se que não houve diferença significativa na deposição do líquido na maioria das posições para todos os volumes e doses avaliados. Segundo Courshee (1960), não existe relação entre volume aplicado e resíduo de produto na planta. Os maiores valores foram observados nas posições externa, superior, mediana e inferior (Tabela 4).

Tabela 4 Valores médios da deposição de calda nas folhas (μL cm^{-2}) nas diferentes posições das plantas

	Volume de Pulverização (L ha^{-1})					
	300		400		500	
	Dose (%)					
Posições	50	100	50	100	50	100
Superior Externo	27,27 ab A	22,26 ab A	29,17 ab A	30,72 aA	29,17 ab A	37,38 aA
Superior Interno	13,22 b A	11,00 ab A	16,74 bc A	11,91 bcd A	16,74 bc A	11,91 bcd A
Mediano Externo	33,96 aA	21,44 ab B	35,53 aA	24,52 abc A	35,53 aA	24,52 abc A
Mediano Interno	15,54 aA	8,46 b A	18,44 bc A	6,41 d B	18,44 bc A	6,41 d B
Inferior Externo	34,42 aA	25,52 aA	27,26 abc A	25,70 ab A	27,26 abc A	25,70 ab A
Inferior Interno	13,61 b A	11,07 ab A	12,85 c A	9,92 cd A	12,85 c A	9,92 cd A

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem a 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey

A explicação para os resultados obtidos é que por ser um pulverizador hidráulico as gotas não possuem energia cinética suficiente apenas para atingir a parte interna do dossel da planta. As gotas nestes casos ficam retidas nas folhas externas, prejudicando, assim, a penetração de jorro até o interior da planta. O mesmo padrão de deposição foi observado por Chaim *et al.* (1999).

Segundo Marti *et al.* (2006), dificilmente se conseguem deposições uniformes de gotas nas folhas no interior do dossel das plantas arbustivas ou arbóreas, e o aumento da eficiência da deposição somente pode ser obtido usando-se pulverizadores com assistência de ar. Os pesquisadores constataram também que a dose de defensivo deve ser diretamente relacionada às características da planta, como volume e densidade foliar, e não variar em função de um volume estimado de calda, como ainda é feito em vários países.

CONCLUSÕES

A uniformidade de distribuição variou considerando as diferentes profundidades no dossel do tomateiro, sendo sempre maior na profundidade externa. Não houve diferença na distribuição considerando as diferentes posições da planta (superior, mediana e inferior). O corante pode ser usado como traçador na geração de parâmetros para avaliação da uniformidade de distribuição da calda do dossel do tomateiro para os volumes de pulverização estudados.

REFERÊNCIAS

BACCI, L. **Fatores determinantes do ataque de Tuta absoluta ao tomateiro**. 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – DFT, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F. M.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R.; NICOLELLA, G. Método para monitorar perdas na aplicaçãode agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999.

CHAIM, A.; BOTTON, M.; SCRRMIN, S.; PESSOA, M. C. P. Y; SANHUEZA, R. M. V.; KOVALESKI, A. Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 889-892, jul. 2003.

CHAIM, A.; VALARINI, P. J; PIO L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 65-74, 2000.

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; SILVA, F. M. L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

COURSHEE, R. J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 5, p. 327-352, 1960.

CUNHA, J. P. A. R., TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. spe, p. 10-15, jan. 2007.

MARTI, S. P.; POLO, J. R. R.; MOYA, E. G.; MONTEROLA, L. V.; ESCOLA, A. Optimizing pesticide spray application in tree crops. St. Joseph. Mich.: **ASABE**, 2006. (Paper nº 061128).

MARTINS, D.; TERRA, M. A.; CARBONARI, C. A.; NEGRISOLI, E.; CARDOSO, L. R.; TOFOLI, G. R. Efeito de diferentes concentrações de aterbane na deposição de calda em plantas de Pistiastratiotes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 343-348, 2005.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SAEG – **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV – Viçosa, 2007.

SARAIVA, M. A. R. **Tomate:** produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: ed. UFLA, 2004.

SCUDELER, F.; BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Ângulo de barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3, 2004, Botucatu. **Anais**... Botucatu: UNESP, 2004. p. 13-16.

SUGUISAWA, J. M.; FRANCO, F. N.; SILVA, S. S. S.; PECHE FILHO, A. Qualidade de aplicação de herbicida em lavoura de trigo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. spe, p. 41-47, 2007.

Virginia and West Wirginia Cooperative Extension Services. **Spray Bulletin for Commercial Tree Fruit Growers**. Publ. 456-419. Morgantown: West Virginia University, 1989.

ZHAO, S.; CASTLE, G. S. P.; ADAMIAK, K. Comparison of conduction and induction charging in liquid spraying. **Journal of Electrostatics**, v. 63, n. 1, p. 871-876, 2005.