

Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e de tomate

Aldemir Chaim
Pedro José Valarini
Domingos de Azevedo Oliveira
Roberto Vacaro Morsoleto
Luiz Cesar Pio

Embrapa

Meio Ambiente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: Fernando Henrique Cardoso

Ministro da Agricultura e do Abastecimento: Francisco Sérgio Turra

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Presidente: Alberto Duque Portugal

Diretores: Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Elza Angela Battaglia Brito da Cunha

Embrapa Meio Ambiente

Chefe Geral: Bernardo van Raij

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento: Deise M Fontana Capalbo

Chefe Adjunto Administrativo: Vander Roberto Bisinoto

ISSN 1516-4675

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Meio Ambiente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

AVALIAÇÃO DE PERDAS DE PULVERIZAÇÃO EM CULTURAS DE FEIJÃO E DE TOMATE

Aldemir Chaim
Pedro José Valarini
Domingos de Azevedo Oliveira
Roberto Vacaro Morsoleto
Luiz Cesar Pio

Jaguariúna, SP

1999

EMBRAPA MEIO AMBIENTE – Boletim de pesquisa 2.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP-340 - km 127,5 - Bairro Tanquinho Velho

Caixa Postal 69 13820-000 - Jaguariúna, SP

Fone: (019) 867-8700 Fax: (019) 867-8740

e-mail:edis@cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações: Aldemir Chaim

Célia M. M. de S. Silva

Franco Lucchini

Julio F. de Queiroz

Magda A. de Lima

Maria Cristina Tordin

Revisão: Lígia Abramides Testa

Produção Gráfica: Regina L. Siewert Rodrigues, Franco Ferreira de Moraes
e Denise Moraes de Oliveira.

Normalização: Maria Amélia de Toledo Leme

Tiragem: 500 exemplares

CHAIM, A.; VALARINI, P.J.; OLIVEIRA, D.A.; MORSOLETO,
R.V.; PIO, L.C.. **Avaliação de perdas de pulverização em
culturas de feijão e de tomate.** Jaguariúna: Embrapa Meio
Ambiente, 1999. 29p. Boletim de pesquisa 2 (Embrapa
Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 2).

CDD 632.94

©EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 1999

SUMÁRIO

Resumo.....	05
Abstract.....	06
Introdução.....	07
1. Materiais e métodos.....	11
2. Resultados e discussão.....	15
3. Conclusões.....	25
4. Referências bibliográficas.....	26
5. Anexo 1.....	29

AVALIAÇÃO DE PERDAS DE PULVERIZAÇÃO EM CULTURAS DE FEIJÃO E DE TOMATE

Aldemir Chaim¹

Pedro José Valarini²

Domingos de Azevedo Oliveira³

Roberto Vacaro Morsoleto⁴

Luiz Cesar Pio⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a quantidade de agrotóxico perdida durante a pulverização da cultura de feijão e de tomate. Na de feijão, os testes foram realizados quando as plantas se apresentavam com 15, 35 e 60 cm de altura, enquanto, para o tomate, com 40 e 70 cm de altura. Em todos os testes, a deposição no topo das plantas foi maior do que a da região mediana e basal. As perdas para a cultura do feijão ficaram entre 49 e 88% do total do traçador aplicado e, as do tomate, entre 44 e 70%.

¹ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69 CEP 13820-000 Jaguariúna (SP).

² Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador Embrapa Meio Ambiente.

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Bolsista do CNPQ/RHAE, Instituto Biológico - Caixa Postal 70 CEP 13001-970 Campinas (SP)

⁴ Engenheiro Agrônomo, CEPAR, CEP 14790-000 Guaira (SP).

⁵ Engenheiro Agrônomo, HERBICAT, CEP 15800-000 Catanduva (SP).

SPRAYING LOSS EVALUATION IN BEAN AND TOMATO CROPS

ABSTRACT

The objective of this work was evaluating the losses of pesticide during the spraying of bean and tomato crops. In the bean crop, the tests were made when the plants were 15 cm, 35 cm and 60 cm height, while for the tomato, when the plants were with 40 cm and 70 cm of height. In all the tests the deposition on the top of the plants was larger than the deposition on the medium and basal area. The losses for the bean crop were among 49 to 88% of the total tracer applied, and for the tomato they went in to order from 44 to 70%.

INTRODUÇÃO

As culturas de feijão e tomate, largamente cultivadas na região de Guaíra (SP), são caracterizadas por demandar grande quantidade de pulverizações para controle de pragas e doenças. Algumas destas se localizam em determinadas regiões das plantas, nas quais as gotas das caldas tóxicas não conseguem penetrar. Por exemplo, existe uma dificuldade muito grande de controlar o mofo - branco (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib. DBy), cuja infestação começa pela região basal das plantas, de feijão ou tomate, quando elas estão no estágio de florescimento, com o máximo desenvolvimento vegetativo. Por outro lado, não existem informações sobre a deposição de agrotóxicos nessas culturas e diferentes bicos de pulverização são utilizados sem nenhum critério técnico de seleção, demandando o uso de grandes volumes de calda, para o controle dos problemas fitossanitários.

Um pesticida precisa ser aplicado em uma área-alvo particular, ocupada por um inseto, doença ou erva daninha. A contaminação do meio ambiente por perdas de agrotóxicos, para áreas não-alvo, tem provocado críticas severas ao uso desses produtos e grandes preocupações causadas, naturalmente, quando são noticiados os efeitos nocivos de tais perdas.

O tipo da aplicação, o número de tratamentos, a formulação e a dose do agrotóxico aplicado, o tipo de equipamento, as características e a distribuição espacial dos bicos de pulverização, o diâmetro e a densidade de gotas, são parâmetros parcialmente interdependentes e devem ser selecionados para conseguir os melhores efeitos biológicos, de acordo com os propósitos da aplicação. Entretanto, o emprego dos

agrotóxicos utilizado atualmente não difere essencialmente daquele praticado no século passado e se caracteriza por considerável desperdício de energia e de produto químico (Matuo, 1990).

A seleção do volume de líquido no qual um agrotóxico é aplicado é deixada a critério do usuário; algumas recomendações contidas nos rótulos das embalagens de agrotóxicos fornecem uma faixa muito ampla, entre 200 e 1.000 L/ha. Na prática, o mesmo volume é aplicado contra grande variedade de pragas ou doenças e é determinado, normalmente, pela vazão dos bicos do pulverizador empregado. Alguns fabricantes de agrotóxicos indicam a concentração do produto na calda, mas quando isso é feito, é necessário também especificar o volume de calda que será gasto. Quando se usam grandes volumes de calda, o objetivo é cobrir a área-alvo completamente e com bastante rapidez. Pouca atenção é dada ao tamanho das gotas, de maneira que se utiliza grande variedade de bicos. A maioria deles produz gotas dentro de um espectro muito amplo, no qual as pequenas gotas são sujeitas à deriva, e as grandes - principais componentes - são perdidas para o solo. Mais de um terço do agrotóxico usado nas culturas pode atingir o solo durante a aplicação (Courshee, 1960). Essas perdas têm sido definidas como "endoderiva" (Matthews, 1982), para diferenciar daquelas devidas à "exoderiva", ou seja, para fora da área tratada.

A grande maioria dos trabalhos relacionados a estudos de deposição de agrotóxicos tem sido realizada com o uso de traçadores. Alguns pesquisadores têm utilizado como traçador, os próprios inseticidas (Ware et al., 1969ab, 1970ab), partículas fluorescentes, como ZnCaS (Murray & Vaughan, 1970), agrotóxicos marcados (Maybank et al., 1974), radioisótopos (Dobson et al., 1983), corantes

fluorescentes (Liljedahl & Strait, 1959; Yates & Akesson, 1963; Fox et al., 1990; Salyani & Cromwell, 1992) e corantes de alimentos (Pergher et al., 1997). Os principais métodos para análise de recuperação de químicos em experimentos relacionados às técnicas de aplicação foram apresentados por Quantick (1985). Entre eles, aquele que utiliza como traçador íons metálicos, os quais podem ser detectados por espectrofotometria de absorção atômica, apresenta ótima sensibilidade e baixo custo de análise. Estudos de deposição mediante fungicidas cúpricos foram realizados por Herrington et al. (1981), Whitney et al. (1989), Salyani & Whitney (1990, 1991). Entretanto, nesses casos, além de o teor de cobre ter sido determinado colorimetricamente, não foi priorizada pelos autores a correlação entre a quantidade de traçador retido nas plantas, com o total aplicado.

Os pesquisadores, em geral, têm preferido utilizar-se de substratos artificiais para coleta das gotas, porque nem sempre é possível extrair o traçador dos alvos naturais. Não existem alvos artificiais-padrão, podendo variar conforme o tipo do traçador utilizado, o método analítico empregado e, sobretudo, a finalidade dos resultados. Entretanto, Davis (1984) apresentou uma série de técnicas para construção de alvos absorventes destinados à avaliação da exposição ocupacional dérmica aos agrotóxicos. Entre elas, o uso de papel mata-borrão se apresenta como uma opção simples e de baixo custo, que pode ser facilmente adaptada ao estudo de recuperação dos agrotóxicos que atingem as plantas e o solo. Alguns pesquisadores já têm efetuado estudos com o emprego desses alvos artificiais para amostragem de traçadores em videira (Pergher et al., 1997).

Na literatura, encontram-se vários trabalhos sobre a avaliação de perdas por deriva, em vista do impacto visual ou econômico que

alguns herbicidas provocam em culturas vizinhas e da preocupação pública com a contaminação do ar ou aquíferos superficiais. Entretanto, em um dos trabalhos para medir deriva, realizado por Ware et al. (1970a), encontram-se os resultados de 16 ensaios com quantificação da deposição de inseticidas em alfafa e algodão durante o período de 1961 a 1969. Com base nos dados experimentais, os autores concluem que a pulverização aérea de inseticidas deposita menos de 50% de produtos nessas culturas no Arizona.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas que ocorrem na aplicação de agrotóxicos em duas importantes culturas da região de Guaíra: feijão e tomate para uso industrial.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

No município de Guaíra (SP), foram realizados cinco ensaios - três em área de feijão e dois em tomate de porte rasteiro - em diferentes épocas, para que as avaliações fossem feitas em três estádios de desenvolvimento da cultura de feijão e dois na do tomate.

Ensaio com a cultura do feijão

Feijão 1 = plantas com estádio aproximado de 15 cm de altura;

Feijão 2 = plantas com estádio aproximado de 35 cm de altura;

Feijão 3 = plantas com estádio aproximado de 60 cm de altura.

Ensaio com a cultura do tomate

Tomate 1 = plantas com estádio aproximado de 40 cm de altura;

Tomate 2 = plantas com estádio aproximado de 70 cm de altura.

Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, tendo como tratamento principal dois bicos de pulverização e, como secundário, amostragens em diferentes posições na planta e no solo.

Os tratamentos principais consistiram na comparação destes dois bicos:

T1 = bico tipo leque com dois jatos TJ60.11006;

T2 = bico tipo cone usualmente empregado JA-4 ou T2* = bico-leque APG 110-R.

Os tratamentos secundários consistiram na avaliação de deposição do traçador nos seguintes pontos de amostragem:

S = região do topo das plantas;

M = região mediana das plantas;

I = região basal das plantas rente ao solo;

E = região do solo localizado nos espaços das entrelinhas.

Utilizou-se como traçador um fungicida cúprico, à base de oxiclreto de cobre, tendo em sua fórmula o equivalente a 350 g/kg de cobre metálico. As aplicações na cultura do feijoeiro foram feitas com um pulverizador Columbia Cross, da Jacto, com espaçamento entre bicos de 40 cm, acoplado a um trator Ford 4610. No tomate, empregou-se um espaçamento entre bicos de 60 cm. Em cada ensaio, metade da barra foi calibrada com o bico T1, metade com o bico T2. As pulverizações foram feitas alternadamente, de maneira que todas as parcelas designadas para receber determinado tratamento fossem pulverizadas em uma única operação. Para isso, as parcelas foram distribuídas em duas faixas acompanhando a rua de deslocamento do trator, de maneira que metade das parcelas de determinado tratamento fosse pulverizada durante a ida, metade durante a volta da máquina.

Para a cultura do feijão, cada parcela foi constituída de uma área de 2,4 m de largura por 30 m de comprimento (6 linhas de plantio de 30 m de comprimento). A área útil consistiu em uma área central de 10 m de comprimento por 2,4 m de largura. Nela, foram distribuídas 20 hastes para amostragem de produto nas plantas, de maneira a formar uma grade em que cada haste ficou distante da outra 2,5 m no sentido da linha de plantio e 0,4 m entre as linhas. Para as plantas, os cartões de 5 por 5 cm foram fixados com cliques, em suportes de alturas ajustáveis, montados em hastes metálicas, que foram fincadas nas

linhas de plantio (Figura 1). Foram utilizados cartões de mata-borrão com gramatura de 250 g/m².

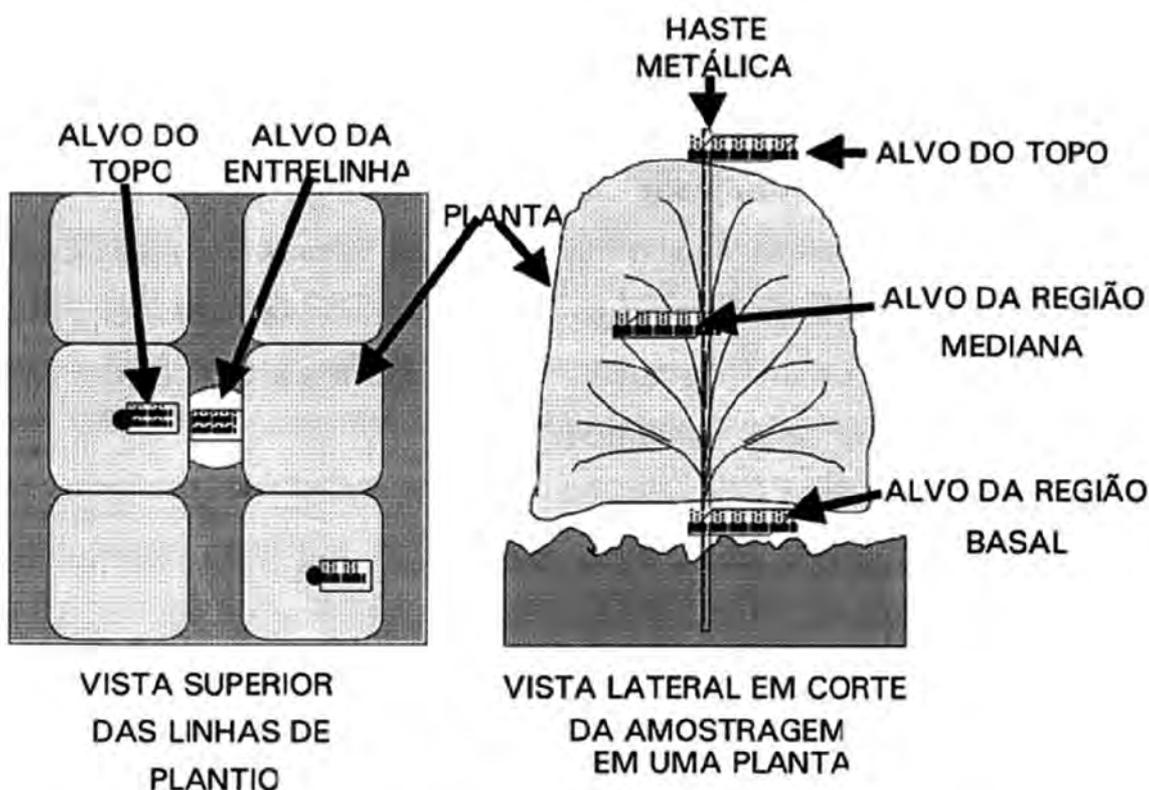


Figura 1. Disposição dos alvos de mata-borrão nas plantas e no solo

Para amostrar a deposição do produto no solo, os cartões foram dispostos nas entrelinhas, dentro de placas de Petri, nas regiões paralelas às hastes. O mesmo critério foi adotado para a cultura do tomate, com a ressalva de que, por apresentar um espaçamento de 60 cm entre linhas, as amostragens foram feitas em 4 linhas de plantio, mantendo-se, entretanto, as 20 amostras por parcela.

Após cada aplicação, os cartões foram recolhidos e levados para laboratório para análise do teor de cobre. Os 20 cartões de amostragem extraídos de cada ponto amostral das plantas (região do topo, mediana e basal) e da entrelinha foram subdivididos em 5

subamostras (4 cartões – 100 cm² de área total), para facilitar a extração do traçador. Os cartões foram picados e colocados em uma solução extratora constituída de ácido nítrico 0,1 N, a qual foi mantida em agitação por 30 minutos. O teor de cobre de amostras das caldas e dos extratos do papel foi determinado com um espectrofotômetro de absorção atômica Shimadzu modelo AA 380.

Durante as aplicações, a velocidade do vento foi medida com anemômetro manual Davis, modelo Turbo Meter. As condições de temperatura e umidade relativa foram monitoradas com um termigrômetro manual Sper Scientific 800016.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O bico de jato tipo cone vazio JA-4 foi escolhido para os experimentos porque resume as características mais comuns dos bicos tradicionalmente empregados para aplicação de fungicidas nas culturas de tomate e feijão da região de Guaíra. Escolheu-se o bico Twinjet™ TJ60-11006 para compará-lo com o tradicional, porquanto produz dois jatos planos, que proporcionam um ângulo de ataque duplo para melhorar a penetração da pulverização nas plantas. Entretanto, no experimento do feijão com 35 cm de altura, o bico Twinjet™ foi comparado com um bico leque APG-110R, que também tem sido utilizado por agricultores da região, para aplicar fungicidas, no controle de fungos que atacam a região basal das plantas. Na Tabela 1 são apresentados os dados relativos às condições micrometeorológicas observadas durante a realização dos experimentos, bem como as características técnicas das aplicações. A dose de ingrediente ativo usado – DT – foi obtida pelo produto do volume aplicado e a concentração da calda utilizada no tratamento.

Tabela 1. Dados micrometeorológicos e características técnicas das aplicações verificadas durante a realização dos ensaios

Parâmetros observados/ Utilizados nos ensaios	Culturas									
	Feijão 1		Feijão 2		Feijão 3		Tomate 1		Tomate 2	
Tratamentos (bicos) ^{1,2}	T1	T2	T1	T2 ²	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Umidade relativa (%)	30	31	45	45	35	37	29	28	45	46
Temperatura (°C)	28	28	27	26	34	33	30	30	32	32
Velocidade do vento (m/s)	2,2	2,1	3,0	3,3	4,1	2,3	5,2	2,1	4,1	2,1
Vazão/bico (L/min)	1,6	1,6	2,5	2,5	3,1	1,7	1,6	1,2	2,9	1,8
Pressão/pulverização (kPa)	310	689	345	1034	448	1034	310	896	551	1034
Velocidade/aplicação (km/h)	8,0	8,0	8,0	8,0	6,0	6,0	4,8	4,8	7,2	7,2
Volume de aplicação (L/ha)	300	300	661	661	512	340	403	302	485	300
DT ³ (mg/m ²)	93,83	93,83	99,45	99,45	77,99	51,79	71,73	44,37	72,75	45,00

^{1,2} T1 = bico tipo leque TJ60.11006 e T2 = bico tipo cone JA-4 ou bico leque APG 110-R (Feijão2).

³ DT = dose de ingrediente ativo aplicada nos tratamentos.

Os resultados da análise estatística demonstram que a deposição média proporcionada pelo bico TJ 60-11006 foi maior que a do bico APG 110R no ensaio com Feijão 2 (35 cm de altura), bem como a do bico JA-4 no ensaio com Feijão 3 (60 cm de altura). Entretanto, para a cultura do Tomate 2 (70 cm de altura), o bico JA-4 foi superior ao TJ 60-11006 - Tabela 2. Também se pode observar que, em todos os tratamentos, a deposição foi decrescente do topo para a base das plantas e, segundo Ambrus (1978), isso ocorre quando as pulverizações são realizadas sobre as copas das plantas.

Tabela 2. Resultados da análise estatística de cada ensaio

Parâmetros	Ensaio				
	Feijão 1	Feijão 2	Feijão 3	Tomate 1	Tomate 2
Estatísticos					
Média geral ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	6,97	6,48	4,95	3,23	2,80
S para T.P. (bicos)	0,38	1,41	0,78	1,13	0,35
S para T.S. (local/deposição)	0,31	1,01	0,35	0,42	0,29
C.V. para T.P. %	5,45	21,69	7,95	34,82	12,51
C.V. para T.S. %	4,47	15,65	7,76	12,86	10,47
Teste Tukey¹ para bicos					
Médias de T1 ² ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	7,06 a	7,29 a	5,24 a	3,10 a	2,56 b
Médias de T2 ³ ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	6,88 a	5,67 b	4,66 b	3,36 a	3,05 a
DMS (T.P.)	0,26	0,83	0,46	0,77	0,21
Teste Tukey¹ para local de deposição					
Médias para S ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	7,98 a	10,81 a	6,69 a	5,52 a	4,53 a
Médias para M ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		6,88 b	4,58 c		2,25 c
Médias para I ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	4,9 b	2,16 d	3,32 d	2,16 b	1,08 d
Médias para E ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	8,02 a	6,08 c	5,21 b	1,90 b	3,34 b
DMS (T.S.)	0,27	0,79	0,49	0,36	0,23

¹ Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

² T1 = bico tipo leque TJ 60-11006.

³ T2 = bico tipo cone JA-4 ou APG 110-R (Feijão 2).

A análise estatística, isoladamente, não qualifica os bicos de pulverização testados, porque as doses aplicadas em alguns ensaios foram diferentes entre os tratamentos. Isso ocorreu devido à dificuldade de calibrar diferentes pressões para os dois tipos de bico, acoplados nos dois segmentos da barra de pulverização. Além disso, em alguns ensaios, as aplicações foram feitas sob diferentes condições de velocidade de vento - Tabela 1.

Dessa forma, na Tabela 3 encontram-se os resíduos dos diferentes pontos de amostragem, individualizados dentro dos respectivos tratamentos e ensaios. Nota-se que o resíduo depositado no topo das plantas, em alguns tratamentos, é superior à dose aplicada, e isso é consequência da saturação proporcionada pela proximidade dos bicos de pulverização. A deposição na região mediana (M) e basal (I) das plantas é um indicativo da capacidade do bico em promover a penetração do produto. Esse tipo de informação é importante quando o alvo da aplicação são as doenças causadas por fungos, que começam suas infestações pelas partes das plantas mais próximas do solo (mofo-branco ou murcha-de-esclerotínia - *Sclerotinia sclerotiorum* Lib. DBy). É importante também para confirmação, em laboratório, se a dose que está atingindo as regiões inferiores da planta é suficiente para controlar a doença.

Tabela 3. Dose aplicada em cada tratamento e resíduo encontrado nos diferentes locais de amostragem¹

Locais de amostragem ²	Ensaio									
	Feijão 1		Feijão 2		Feijão 3		Tomate 1		Tomate 2	
	Tratamentos ³									
	T1	T2	T1	T2*	T1	T2	T1	T2	T1	T2
S	80,90	78,70	120,51	95,76	70,10	63,64	56,71	55,34	42,66	48,02
M	-	-	75,84	61,73	45,94	45,63	-	-	21,08	23,91
I	50,27	47,70	28,01	15,12	38,22	28,09	19,98	23,26	9,23	12,39
E	80,49	79,98	67,31	54,36	55,32	48,86	18,18	19,09	29,31	37,55
DT	93,83	93,83	99,45	99,45	77,99	51,79	71,73	44,37	72,75	45,00

¹ Valores expressos em mg/m².

² S: região do topo das plantas; M: região mediana; I: região basal das plantas rente ao solo e E: região do solo localizado nos espaços das entrelinhas.

³ T1 = bico- leque TJ60.11006 e T2 = bico- cone JA-4 ou APG 110-R (Feijão 2).

Os resultados da Tabela 3 também podem ser utilizados para a obtenção de uma estimativa grosseira da eficiência relativa dos bicos de pulverização. Para isso, é necessário admitir que as plantas possuam uma conformação cúbica, de maneira que o somatório das áreas dos topos apresentem uma superfície plana. Para uma área de 1 ha, isso é obtido com o produto da largura da planta, comprimento e número de linhas de plantio. Esse mesmo procedimento deve ser adotado para calcular a área de superfície do solo (entrelinhas) não coberta pelas plantas. Para os ensaios de Guaíra, as larguras das plantas e das faixas de solo nu das entrelinhas foram medidas e as áreas de superfície do topo, basal e solo encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Áreas de superfície do topo das plantas e do solo nu, estimadas para 1 ha de cultura

Ensaio	NL ¹	AT ²	AB ³	AE ⁴
Feijão 1	250	3750	3750	6250
Feijão 2	250	5000	5000	5000
Feijão 3	250	7500	7500	2500
Tomate 1	167	5833	5833	4167
Tomate 2	167	8333	8333	1667

¹ NL: número de linhas de plantio por hectare.

² AT: área de superfície estimada para o topo das plantas (m²).

³ AB: área de superfície estimada para a região basal das plantas (m²).

⁴ AE: área de superfície do solo sem cobertura (m²).

Os resultados das Tabelas 3 e 4 foram utilizados para estimar a eficiência relativa dos bicos de pulverização, empregando-se as seguintes equações:

$$DT = V * C$$

$$RT = S * AT$$

$$RE = E * AE$$

$$RB = I * AB$$

$$DS = RE + RB$$

$$DP = (RT - RB) * AT$$

$$RD = DT - (DP + DS)$$

onde:

V = volume de calda aplicado (L/ha);

C = concentração do ingrediente ativo (cobre metálico) na calda (mg/L);

DT = dose total de ingrediente ativo aplicada (mg/m²);

RT = resíduo estimado para área do topo das plantas (mg);

S = resíduo encontrado no topo das plantas (mg/m²);

AT = área total do topo das plantas para 1 ha (m²);

RE = resíduo estimado para a área total das entrelinhas (mg);

E = resíduo médio encontrado nas entrelinhas (mg/m²);

AE = área total do solo das entrelinhas, não coberta pelas plantas (m²);

RB = resíduo estimado para área total da região basal das plantas (mg);

I = resíduo médio encontrado na região basal das plantas (mg/m²);

AB = área total da região basal das plantas (m²);

DS = deposição total estimada para o solo (mg);

DP = deposição total estimada para as plantas (mg);

RD = resíduo estimado para a deriva (mg).

Os resultados da deposição total para solo e plantas, bem como do resíduo estimado para a deriva, foram transformados em percentuais, em relação à dose total aplicada, proporcionando, dessa

forma, a eficiência relativa dos bicos testados em cada ensaio - Tabela 5.

Tabela 5. Eficiência relativa dos bicos na distribuição de agrotóxicos, nas culturas de feijão e tomate

Ensaio	Tratamentos ¹	Planta ²	Solo ²	Deriva ²
Feijão 1	T1	12,24	73,71	14,05
	T2	12,39	72,34	15,27
Feijão 2	T1	46,51	47,92	5,57
	T2	40,54	34,93	24,52
Feijão 3	T1	30,65	29,99	39,36
	T2	51,49	37,14	11,37
Tomate 1	T1	29,87	21,12	49,01
	T2	42,19	35,85	21,97
Tomate 2	T1	38,30	8,83	52,87
	T2	65,96	18,50	15,54

¹ T1 = bico- leque TJ60.11006 e T2 = bico- cone JA-4 ou APG 110-R (tratamento no Feijão 2).

² Valores expressos em porcentagem de ingrediente ativo, em relação ao total aplicado.

Observa-se que as perdas gerais das pulverizações são extremamente elevadas, principalmente quando a cultura se apresenta com um porte mais baixo. Do mesmo modo, a contaminação do solo também é muito intensa para a cultura com porte pequeno. Pode-se verificar também uma correlação entre a deriva dos tratamentos do bico T1 (TJ 6011006) da cultura de Feijão 3, Tomate 1 e 2, com a maior velocidade de vento verificada no momento das aplicações desses tratamentos (Tabela 1). A maior taxa de deriva ocorreu com o

tratamento T1 na cultura Tomate 1, justamente onde a velocidade do vento foi maior.

Perger & Gubiani (1995) constataram que existe uma correlação entre o porte das plantas e a deposição, e isso é comprovado pelo tratamento T2 aplicado na cultura do feijão e do tomate, pois, à medida que aumenta o porte da cultura, a porcentagem de produto depositado nas plantas também aumenta.

Por questões práticas, adotou-se o procedimento de pulverizar todas as parcelas de cada tratamento em operações únicas, ou seja, pulverizaram-se todas aquelas designadas para receber T1 e, depois, todas aquelas designadas para T2, ou vice-versa. O percurso percorrido pelo trator para pulverizar as 16 parcelas dos ensaios foi de 480 m e o tempo gasto nas aplicações ficou entre um mínimo de 13 e um máximo de 18 minutos, conforme a velocidade de deslocamentos - Tabela 1. Alguns ensaios ocorreram em condições de vento contínuo e leve, mas, em outros, o vento se apresentava na forma de rajadas. Como o tempo para pulverizar um conjunto de parcelas foi relativamente curto, o tratamento T1, nos ensaios do Feijão 3, Tomate 1 e 2 foi prejudicado, por ter sido realizado em condições de vento desfavoráveis. Dessa forma, os resultados obtidos nesses ensaios não devem ser utilizados para comparar os bicos testados, mas comprovam que o método de amostragem adotado pode fornecer subsídios para determinação da eficiência relativa da pulverização. O método de amostragem e as equações matemáticas adotadas dispensam o emprego da área foliar para a obtenção dos dados de deposição nas plantas, apresentando, dessa forma, uma vantagem em relação ao método utilizado por Pergher et al. (1997). Podem ser feitos alguns refinamentos na amostragem,

considerando a morfologia das plantas, para obtenção de resultados mais precisos.

3. CONCLUSÕES

1. O método de amostragem de resíduos, estratificada por altura nas plantas e entrelinhas no solo, gerou resultados que podem ser utilizados para calcular perdas de deposição, sem a necessidade de conhecimento da área foliar da cultura.

2. As perdas de agrotóxicos, aplicados com pulverizadores tratorizados, nas culturas de feijão e tomate, considerando somente a deposição nas plantas, variou entre 44 e 88%, dependendo do porte da cultura.

3. A velocidade do vento tem grande influência nas perdas por deriva.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBRUS, A. The influence of sampling methods and other field techniques on the results of residue analysis. In: GEISSBUHLER, H.; BROOKS, G.T.; KEARNEY, P.C., ed. **Advances in pesticide science**. Zurich: Pergamon Press, 1978. p. 620-632
- COURSHEE, R.J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.5, p.27-352, 1960.
- DAVIS, J.E. Procedures for dermal and inhalation studies to assess occupational exposure to pesticides. In: SIEWIERSKI, M. **Determination and assessment of pesticide exposure**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.123-131.
- DOBSON, C.M.; MINSKI, M.J.; MATTHEWS, G.A. Neutron activation analysis using dysprosium as a tracer to measure spray drift. **Crop Protection**, Oxford, v.2, n.3, p.345-352, 1983.
- FOX, R.D.; BRAZZE, R.D.; REICHARD, D.L.; HALL, F.R. Downwind residue from air spraying of a dwarf apple orchard. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.33, n.4, p.1104-1108, 1990.
- HERRINGTON, P.J.; MAPOTHER, H.R.; STRINGER, A. Spray retention and distribution on apple trees. **Pesticide Science**, Oxford, v.12, n.5, p.515-520, 1981.
- LILJEDAHL, L.A.; STRAIT, J. Spray deposits measured rapidly. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.40, n.6, p.332-335, 1959.
- MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1982. 336p.
- MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 133p.
- MAYBANK, J.; YOSHIDA, K.; GROVER, R. Droplet size spectra, drift potential, and ground deposition pattern of herbicide sprays. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.54, p.541-546, 1974.

- MURRAY, J.A.; VAUGHAN, L.M. Measuring pesticide drift at distance to four miles. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v.9, p.79-84, 1970.
- PERGHER, G.; GUBIANI, R. The effect of spray application rate on foliar deposition in a hedgerow vineyard. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, n.61, p. 205-216, 1995.
- PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, Oxford, v.16, n.1, p.25-33, 1997.
- QUANTICK, H.R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. London: Collins, 1985. 427p.
- SALYANI, M.; CROMWELL, R.P. Spray drift from ground and aerial applications. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.4, p.1113-1129, 1992.
- SALYANI, M.; WHITNEY, J.D. Ground speed effect on spray deposition inside citrus trees. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.33, n.2, p.361-366, 1990.
- SALYANI, M.; WHITNEY, J.D. Effect of oscillators on deposition characteristics of an airblast sprayer. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.34, n. 4, p.1618-1622, 1991.
- WARE, G.W.; APPLE, E.J.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; FROST, K.R. Pesticide drift. II. Mist-blower vs. aerial application of sprays. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.62, n.4, p.844-846, 1969b.
- WARE, G.W.; APPLE, E.J.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; FROST, K.R. Pesticide drift. III. Drift reduction with spray thickeners. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 63, n.6, p.1314-1316, 1970a.
- WARE, G.W.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; WITT, J.M. Pesticide drift. IV. On target deposits from aerial application of insecticides. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.63, n.6, p.1982-1983, 1970b.
- WARE, G.W.; ESTESEN, G.J.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; FROST, K.R. Pesticide drift. I High clearance vs. aerial application of sprays. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.62, n.4, p.840-843, 1969a.

- WHITNEY, J.D.; SALYANI, M.; CHURCHILL, D.B.; KNAPP, J.L.; WHITESIDE, J.O.; LITTELL, R.C. A field investigation to examine the effects of sprayer type, ground speed, and volume rate on spray deposition in Florida citrus. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.42, p.275-283, 1989.
- YATES, W.E.; AKESSON, N.B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analysis. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.6, n.2, p.104-107, 114, 1963.

Anexo 1. Análise da variância

Análise da variância	FEIJÃO 1		FEIJÃO 2		FEIJÃO 3		TOMATE 1		TOMATE 2	
	GL	F	GL	F	GL	F	GL	F	GL	F
Causa de variação										
Blocos	7	2,04 ns	7	1,38 ns	7	0,74 ns	7	0,01 ns	7	0,66 ns
Bicos (a)	1	2,58 ns	1	21,16 *	1	8,96 *	1	0,62 ns	1	31,25 **
Resíduo (a)	7		7		7		7		7	
Parcelas	15		15		15		15		15	
Alturas (b)	2	530,09 **	3	195,70 **	3	79,49 **	2	367,28 **	3	406,14 **
Interação (a x b)	2	0,50 ns	3	1,28 ns	3	1,68 ns	2	0,71 ns	3	2,87 ns
Resíduo (b)	28		42		42		28		42	
Subparcelas	32		48		48		32		48	
Total	47		63		63		47		63	
Média ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		6,97		6,48		4,95		3,23		2,80
S(a)		0,38		1,41		0,78		1,13		0,35
S(b)		0,31		1,01		0,35		0,42		0,29
C. V. ar. (a) %		5,45		21,69		7,95		34,82		12,51
C. V. ar. (b) %		4,47		15,65		7,76		12,86		10,47
Teste Tukey para tratamentos principais (bicos)										
TJ-60 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		7,06 a		7,29 a		5,24 a		3,10 a		2,56 b
J A-4 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		6,88 a		5,67 b		4,66 b		3,36 a		3,05 a
DMS (a)		0,26		0,83		0,46		0,77		0,21
Teste Tukey para tratamentos secundários (local da deposição)										
Planta/inferior ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		4,90 b		2,16 d		3,32 d		2,16 b		1,08 d
Planta/mediana ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)				6,88 b		4,58 c				2,25 c
Planta/superior ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		7,98 a		10,81 a		6,69 a		5,52 a		4,53 a
Solo($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		8,02 a		6,08 c		5,21 b		1,90 b		3,34 b
DMS(b)		0,27		0,79		0,49		0,36		0,23

Embrapa

Meio Ambiente

