

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO
DOS DEPÓSITOS DA PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES ALVOS**

DENISE TOURINO REZENDE

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU – SP

Fevereiro- 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO
DOS DEPÓSITOS DA PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES ALVOS**

DENISE TOURINO REZENDE

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Proteção de Plantas).

BOTUCATU – SP

Fevereiro- 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R467a Rezende, Denise Tourino, 1985-
Análise comparativa de métodos para quantificação dos depósitos da pulverização em diferentes alvos / Denise Tourino Rezende. - Botucatu : [s.n.], 2011
vii, 67 f. : il. color., gráfs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2010

Orientador: Carlos Gilberto Raetano
Inclui bibliografia

1. Marcadores. 2. Pulverização agrícola. 3. Produtos fitossanitários. 4. Tecnologia de aplicação. I. Raetano, Carlos Gilberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS
DEPÓSITOS DA PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES ALVOS**

ALUNA: DENISE TOURINO REZENDE

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

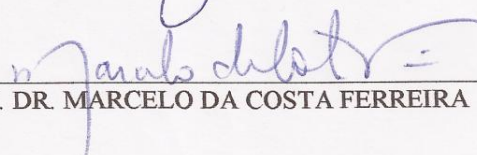
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



PROF. DR. MARCELO DA COSTA FERREIRA

Data da Realização: 21 de fevereiro de 2011.

*Ao meu pai Marcos Geraldo Rezende,
À minha mãe Renata Rocha Tourino Rezende,
À minha irmã Liviane Tourino Rezende,
Ao meu noivo Filipe Costa de Cerqueira
pela compreensão, amor, apoio e confiança.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e pelas oportunidades colocadas em meu caminho;

Aos meus pais pela educação, amor e principalmente por sempre me apoiarem e incentivarem nessa busca do crescimento profissional;

Ao meu noivo, Filipe Costa de Cerqueira, pelo amor, companheirismo, paciência, compreensão e pelas muitas conversas as quais sempre me conforta e acalma nos momentos difíceis;

Ao Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano, pela orientação, ensinamentos, sugestões e paciência que foram fundamentais para realização desta pesquisa;

Aos Professores do Departamento de Produção Vegetal – Defesa Fitossanitária da FCA/UNESP, pela sabedoria e ensinamentos transmitidos e aos funcionários pela colaboração e amizade;

Aos colegas do Laboratório de Tecnologia de Aplicação, Mário Henrique Ferreira do Amaral Dal Pogetto, Evandro Pereira Prado, Rafael de Souza Christovam, Marina Elisei Serra, Marcelo Júnior Gimenes e Saulo Ítalo Almeida Costa que muito me ensinaram e ajudaram, e pelos bons momentos de convívio durante o período do mestrado;

Aos estagiários, Gustavo Mastria, Bruno Canella Vieira, Caroline F. Gozetto, Rodolfo P. Guitarrari e Alexandre Fragoso Martins

Às amigas de Botucatu Lucivane Gonçalves, Giovanna Larissa Gotrick Gomes, Sandra Aparecida Tavares, Marcela Buosi Martins e Ana Carolina da Costa Lara que tornaram minha caminhada mais fácil e mais alegre;

Aos funcionários do Laboratório de Matologia, José Roberto M. Silva e Luiz Cláudio Corrêa, pelas preciosas colaborações durante a realização dos experimentos;

Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais- Ciência do Solo, Emerson Loni Garcia e José Carlos Depieri, por conceder a utilização de equipamentos e ajudar durante a realização das análises;

Ao Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Aldemir Chaim, pelas colaborações e por sempre atender prontamente às dúvidas que surgiram durante a condução do trabalho;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia / Proteção de Plantas, e à Faculdade de Ciências Agronômicas, pela oportunidade e formação;

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida;

À todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.2 Alvo no estudo de deposição	8
2.2.1 Alvo Natural	8
2.2.2 Alvo artificial	10
2.3 Análises de deposição da pulverização com marcadores.....	12
2.3.1 Cloreto de sódio (NaCl)	14
2.3.2 Íon cobre	15
2.3.3 Produto fitossanitário	16
2.3.4 Corante Azul Brilhante	18
2.3.5 Rodamina B.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Deposição da pulverização nos alvos com o marcador Azul Brilhante.....	26
3.2 Deposição da pulverização nos alvos com o íon cobre.....	29
3.3 Deposição da pulverização nos alvos com o marcador NaCl	31
3.4 Deposição da pulverização nos alvos com o marcador Rodamina B	33
3.5 Deposição do fungicida tebuconazole como marcador em pulverização	35
3.6 Análise estatística	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Coeficientes de extração.....	38
4.2 Depósitos da pulverização nos diferentes alvos	41

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6 CONCLUSÕES.....	55
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

RESUMO

As avaliações dos depósitos da pulverização são utilizadas nas pesquisas como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação dos produtos fitossanitários. Considerando essa premissa, o presente trabalho objetivou comparar métodos para quantificação dos depósitos com diferentes marcadores: o corante alimentício Azul Brillante, os íons Cobre e Sódio, o corante fluorescente Rodamina B e o próprio produto fitossanitário, representado pelo fungicida tebuconazole à 250 g/L (Orius 250 CE), após pulverização em alvos naturais (*Phaseolus vulgaris* e *Brachiaria plantaginea*) e em alvos artificiais (papel filtro, papel mata-borrão e lâminas de vidro). As plantas e os alvos artificiais foram pulverizados em um sistema de pulverização com controle de velocidade e pressão de trabalho. Após a pulverização, as plantas foram cortadas junto à superfície do solo, colhidas e colocadas, individualmente, em sacos plásticos devidamente identificados e acondicionados em refrigerador ($8\pm 3^{\circ}\text{C}$) até o término das aplicações e posterior remoção do marcador. As soluções provindas das lavagens dos alvos foram mantidas em frascos âmbar e também acondicionadas em refrigerador até o momento das análises e obtenção das concentrações dos marcadores em $\mu\text{l cm}^{-2}$ e $\mu\text{l g}^{-1}$ de matéria seca. Para quantificação dos respectivos marcadores supracitados foram utilizados os equipamentos: espectrofotômetro Shimadzu UV 1601 PC, espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer 2380, fotômetro de chama Digimed DM-61, espectrômetro de fluorescência Perkin Elmer Precisely LS 55 e cromatógrafo líquido Shimadzu equipado com software LCMS solution. Os alvos artificiais foram mais eficientes na coleta das gotas da pulverização, exceto para o marcador azul brilhante. Os marcadores

cobre e o próprio fungicida utilizado como marcador foram os que melhor representaram a pulverização nos alvos artificiais e naturais.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, marcadores, alvos, produtos fitossanitários.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR SPRAYING DEPOSITS QUANTIFICATION ON DIFFERENT TARGETS. Botucatu, 2011. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista.

Author: Denise Tourino Rezende

Adviser: Carlos Gilberto Raetano

SUMMARY

Spray deposit evaluations are used in research as a tool to develop and improve the pesticide application techniques. To compare methods for quantification of deposits using different tracers lab test were conducted. The tracers used on natural targets (*Phaseolus vulgaris* and *Brachiaria plantaginea*) and artificial targets (filter paper, blotting paper and glass slides) were Brilliant blue food dye (FD&C Blue n. 1), Copper and Sodium ions, Rhodamine B and tebuconazol at 250 g / L. Both kind of targets were sprayed in a stationary spraying system with speed and pressure control. After the spraying, the plants were cut, collected and individually placed in plastic bags, properly identified and stored in refrigerator (8 ± 3 °C) until the end of spraying and subsequent tracer clearance. The solution collected from washing the targets were kept in amber bottles and also placed in refrigerator until the tracers levels attainment in $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ and $\mu\text{l}/\text{g}$. To quantify the above tracers were used the following equipments: Shimadzu UV 1601 PC spectrophotometer, atomic absorption spectrophotometer Perkin-Elmer 2380, flame photometer Digimed MD-61, Perkin Elmer fluorescence spectrometer LS 55 Precisely and liquid chromatograph equipped with Shimadzu LCMS solution software. The artificial targets were more efficient in collecting spraying deposits, except for the Brilliant blue food dye (FD&C Blue n. 1). The copper tracer and even the fungicide used were the ones whereof gave us better results in artificial and natural targets.

Key-words: application technology, tracer, target, pesticides

1 INTRODUÇÃO

Diante do expressivo número de ensaios realizados na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários visando avaliação da deposição da pulverização e à ampla gama de marcadores existentes no mercado utilizados para essa finalidade, decidiu-se realizar esse estudo comparando-os em superfícies naturais e artificiais com o intuito de selecionar o método de análise para um respectivo marcador que nos forneça resultados mais precisos; maior quantidade recuperada do marcador a partir de depósitos originais, e também inferir a respeito da interação entre alvo e substância marcadora.

As técnicas e os equipamentos de pulverização, utilizados na aplicação de produtos fitossanitários visando o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, quando avaliados pela qualidade da pulverização são testados mediante estudos de deposição, estabelecendo-se a quantidade mínima de produto depositada no alvo ou na região de maior interesse do alvo, para proporcionar o efeito biológico desejado. Assim, as avaliações dos depósitos da pulverização são utilizadas nas pesquisas como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação dos produtos fitossanitários.

Na avaliação de uma pulverização as superfícies-alvos utilizadas nos estudos de deposição das gotas podem ser naturais ou artificiais. Há vantagens e desvantagens quanto ao tipo de alvo a ser utilizado. Porém, segundo Miller (1993) as superfícies naturais são mais recomendadas, por representarem melhor as condições reais de uma aplicação.

Cooke e Hislop (1993) afirmaram que a escolha entre os tipos de alvo (artificial ou natural) depende das circunstâncias do uso e das prioridades da pesquisa. As superfícies naturais devem ser preferidas, mas sua complexidade e variabilidade natural afetam a retenção e o espalhamento da pulverização. Um dos exemplos é a retenção e o espalhamento sempre menores em folhas jovens, quando comparados aos obtidos nas mais desenvolvidas fisiologicamente. Os alvos artificiais são uniformes, e podem ser localizados precisamente em posições pré-estabelecidas, mas não reproduzem, necessariamente, os alvos naturais.

O estudo das características dos alvos naturais deve incluir a análise de movimentação das folhas, estágio de desenvolvimento, cerosidade, pilosidade, rugosidade, superfície da folha e arquitetura das plantas, fatores fundamentais para a definição da retenção das gotas nas folhas e na própria eficiência de penetração dos produtos fitossanitários nos vegetais (Antuniassi e Baio, 2004).

Os alvos artificiais para coleta das gotas são largamente utilizados por vários pesquisadores porque nem sempre é possível extrair a substância marcadora dos alvos naturais. Não existem alvos artificiais padrão, podendo variar conforme o tipo do marcador utilizado, o método analítico empregado e, sobretudo, a finalidade dos resultados.

O uso de substâncias marcadoras como, íons metálicos, pigmentos fluorescentes, corantes alimentícios e os próprios produtos fitossanitários, tem se mostrado bastante viável para avaliação dos depósitos da pulverização. Yates e Akesson (1963) descreveram que a seleção de um produto para ser utilizado como marcador nessas avaliações deve possuir características, tais como: ser altamente sensível nas detecções; ter possibilidade de ser utilizado nas análises quantitativas, com rapidez; ser solúvel quando misturado à calda, com efeito físico mínimo na pulverização e evaporação das gotas; ter propriedades distintas para diferenciar de outras substâncias; ser estável, atóxico e ter custo moderado. Tais características foram ratificadas por Palladini et al. (2005) na seleção de marcadores em pulverização.

Esses requisitos dos marcadores são importantes, pois a distribuição e a retenção das gotas pelo alvo são influenciadas pelo tamanho e pela velocidade das mesmas, pela tensão superficial do líquido pulverizado que podem ser afetados pelos marcadores adicionados à calda, além do ângulo de colisão com a superfície e das características inerentes ao alvo,

necessitando-se, assim, de colaboração interdisciplinar para resolver os inúmeros fatores envolvidos em todos estes processos altamente dinâmicos (Wirth et al.,1991).

Diferentes métodos podem ser utilizados para quantificar marcadores em superfícies alvos. Palladini et al. (2005) utilizaram fluorímetro com possibilidade de leitura de fluorescência e densidade óptica (absorbância) para detectar o marcador Azul Brilhante, Christovam et al. (2010) espectrofotômetro de absorção atômica para quantificar o íon cobre e Marques (2005) cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas, o qual que permite determinar e quantificar compostos químicos presentes em soluções. Outros métodos de análise também podem ser utilizados, como exemplo o fotômetro de chama, para quantificar os íons sódio e potássio e o espectrômetro de fluorescência, o qual faz a detecção do marcador fluorescente Rodamina B.

Assim, o presente trabalho objetivou comparar métodos para quantificação dos depósitos com diferentes marcadores após pulverização em alvos naturais (*Phaseolus vulgaris* e *Brachiaria plantaginea*) e em alvos artificiais (papel filtro, papel mata-borrão e lâminas de vidro).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Portanto, entende-se por tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com contaminação mínima de áreas adjacentes (Matuo, 1990). Neste sentido, Oliveira et al. (2009), afirmam que uma das maneiras de se maximizar a eficiência na aplicação e minimizar os riscos de contaminação provocados pelos produtos fitossanitários é utilizar de tecnologia de aplicação adequada a cada tipo de situação, com base na interação de fatores climáticos, biológicos e financeiros.

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é uma ciência multidisciplinar dentro da agricultura, uma vez que se reporta ao controle de insetos, ácaros, plantas daninhas e de agentes patogênicos, considerando aspectos da biologia, da química, da engenharia, da ecologia, da sociologia e da economia (Matuo et al., 1987; Matuo, 1990; Ferreira et al., 2007).

Cada vez mais tem sido exigida, do produtor rural, a utilização correta e criteriosa dos produtos fitossanitários, entretanto, observa-se no campo a falta de informação em torno da tecnologia de aplicação.

Além de conhecer o produto a ser aplicado, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (Cunha et. al., 2005).

Assim, como o produto fitossanitário precisa alcançar áreas específicas ocupadas por insetos, doenças ou plantas daninhas, a contaminação do meio ambiente pelas substâncias químicas que são arrastadas para fora dessas áreas tem gerado críticas severas quanto ao uso de produtos fitossanitários e conseqüentemente grandes preocupações aos diferentes segmentos da sociedade. A definição do alvo requer o conhecimento biológico do agente a ser controlado, a fim de determinar em qual estado o mesmo se encontra mais susceptível à ação do produto. Infelizmente, grandes variações nos estádios de desenvolvimento das pragas têm sido observadas e algumas vezes pequena proporção das mesmas encontram-se no estágio mais susceptível ao controle (Matthews, 2000).

2.2 Alvo no estudo de deposição

2.2.1 Alvo Natural

O alvo é considerado tudo aquilo que se é eleito para ser atingido na aplicação de um produto fitossanitário (Matuo, 1990). No entanto, características do próprio alvo como forma e posição em relação à aplicação ou inerentes ao produto químico podem influenciar sobre os níveis dos depósitos da pulverização.

A deposição e a uniformidade das aplicações dos produtos fitossanitários estão diretamente relacionadas com as características das plantas, tais como forma e arquitetura das plantas (Holloway, 1970) e características da própria pulverização (volume de aplicação e tipo de ponta de pulverização). Por isso, estudos de tecnologias de aplicação tornaram-se importantes para melhorar a chegada das gotas ao alvo (Costa, 1997).

De acordo com Mendonça (2000), na pulverização agrícola é fundamental que as influências intrínsecas às plantas, como disposição das folhas, pH foliar, ceras epicuticulares, estômatos, tricomas entre outras, e as influências extrínsecas, como características físico-

químicas da solução de pulverização, área de molhamento, pH da solução e o tipo de formulação, sejam levadas em consideração para o sucesso da aplicação.

A morfologia externa da superfície foliar das plantas é altamente variável, sendo caracterizada pela presença de um revestimento de proteção, a epiderme e a cutícula, podendo haver também ceras epicuticulares e tricomas. Hess e Falk (1990) afirmam que a topografia da superfície foliar e a presença de ceras e tricomas podem influenciar a distribuição de um produto fitossanitário aplicado sobre a folha. Em superfícies foliares que possuem baixo teor de cera epicuticular, as gotas da calda pulverizada cobrem grandes áreas, produzindo vários depósitos nas depressões acima das paredes anticlinais. Quando a aplicação é feita de forma similar sobre uma folha com altos níveis de cera epicuticular, os depósitos formados são menores, ocasionando menor porcentagem da superfície foliar coberta com a calda e, assim, reduzindo o número de células onde a absorção poderia ocorrer.

Tricomas presentes na superfície foliar podem interceptar gotas pulverizadas, impedindo que estas alcancem a epiderme propriamente dita. Mesmo quando os tricomas são simples e aparecem em baixa densidade, ocorre a aderência de gotas sobre eles (Procópio et al., 2003).

Mesmo assim, com todos os problemas que uma pulverização de produtos fitossanitários possa apresentar devido à utilização de superfície natural nos estudos de depósitos da pulverização, vários autores as têm utilizado por melhor representarem as condições reais de uma aplicação. A preparação para se ter alvos artificiais em experimentos requer tempo extra para a sua instalação e pode não representar convenientemente as características das folhas, enquanto que as folhas evitam essa perda de tempo e os recursos que os alvos artificiais necessitam, além de serem abundantes e não criarem limitações para amostragens.

Rodrigues et al. (2010), avaliando a qualidade da deposição da calda de pulverização em plantas de feijão, *Bidens pilosa* e de *Brachiaria plantaginea* presentes na linha e entrelinha da cultura, em aplicações de pós-emergência, variando-se o volume de aplicação e o modelo de ponta de pulverização, concluíram que a quantidade e qualidade dos depósitos da calda de pulverização foram dependentes da espécie, do volume e da ponta utilizada e que estudos com plantas em estágio distinto seriam importantes para um melhor entendimento do assunto.

Vários outros autores têm utilizado alvos naturais pelas vantagens citadas para realização de ensaios de deposição da pulverização. Cunha et al. (2005) realizaram pulverizações no feijoeiro; Bauer e Raetano (2000) utilizaram a soja no estágio de desenvolvimento R6 como alvo; Pergher et al. (1997) analisaram as porcentagens de depósitos da pulverização nas folhas e nos frutos utilizando a cultura da uva.

Plantas de soja no estágio fenológico de dois a quatro trifólios; *Brachiaria plantaginea* no estágio de duas a oito folhas; e *Commelina benghalensis* no estágio de duas folhas, foram também utilizadas como alvos naturais em trabalho realizado por Souza et al. (2007). Estes autores descreveram aspectos metodológicos de acordo com a determinação dos depósitos unitários ou pontuais nesses alvos naturais. Plantas amostradas individualmente numa parcela tratada viabilizaram o uso desse método para verificar a deposição proporcionada por diferentes equipamentos ou tecnologias, mostrando aspectos qualitativos e quantitativos da pulverização.

Contudo, sabe-se que a deposição e as perdas de produtos são influenciadas pelas características operacionais dos pulverizadores, pelo tamanho da gota, pelo volume de aplicação, pelas condições meteorológicas (umidade, temperatura e velocidade do vento), e também pelo próprio alvo natural através da arquitetura da planta, estágio de desenvolvimento e características morfológicas, como pilosidade, superfície cuticular, forma e rugosidade das folhas, tornando a utilização desses alvos uma melhor representação do que realmente ocorre no campo e ao mesmo tempo, segundo Marchi et al.(2005), podendo existir uma restrição de contato do marcador com alvos naturais íntegros acarretando em perdas significativas por retenção nos tecidos foliares.

2.2.2 Alvo artificial

A quantidade dos depósitos de pulverização nos alvos dependem da eficiência de coleta das gotas de pulverização nos alvos. A eficiência e a eficácia do controle dos agentes-praga através de pulverizações, por exemplo, são influenciados pela eficiência de coleta das gotas pulverizadas nos alvos. Também, quando alvos artificiais são usados como coletores para determinar a quantidade de pulverização em várias localidades dentro e fora da área alvo

pretendida, a precisão da medida depende da eficiência de coleta das gotas pulverizadas sobre os alvos coletores (Zhu et al., 1996).

Pesquisas têm sido conduzidas com vários coletores para determinar depósitos da pulverização de produtos fitossanitários dentro da área alvo (Smith and Burt, 1970; Carlton and Bouse, 1988; Huitink et al., 1990; Picot et al., 1993) e fora da área alvo (Parkin and Merrit, 1988; Fox et al., 1990; Salyani and Cromwell, 1992; Samu et al., 1992; Womac et al., 1994).

Zhu et al. (1996) utilizaram alvos artificiais verticais, longos e estreitos montados num longo eixo vertical, para coletar a pulverização carregada horizontalmente pelo vento em testes para estimativa da deriva vinda de várias pulverizações para o controle de agentes-praga. Esses autores escolheram esse tipo de alvo devido a pesquisas com aerossol indicarem que a eficiência de coleta da pulverização é proporcional ao quadrado do diâmetro da gota do produto e ao fluxo de velocidade do ar, e inversamente proporcional à largura do alvo.

Segundo Maski (2004) o enorme desperdício de químicos e a poluição ambiental decorrente da deposição de produtos fitossanitários em áreas não-alvo, vindas de pulverizações convencionais, podem ser derrubadas pelo uso da pulverização eletrostática. Assim, para avaliar as características da deposição da pulverização sobre alvos geometricamente e eletricamente homogêneos, um conjunto de plantas de algodão artificiais foram desenvolvidas e para a captura do depósito da pulverização nas folhas alvo um marcador fluorescente foi utilizado, sendo necessário a utilização de papéis filtro para a captura e posterior remoção do marcador.

Fox et al. (2004) relataram que a eficiência na coleta de gotas aerotransportadas em telas de “nylon” variaram de 50 a 70 %, o que foi muito melhor que em coletores sólidos.

Davis (1984) apresentou uma série de técnicas para construção de alvos absorventes destinados à avaliação da exposição ocupacional dérmica aos produtos fitossanitários. Dentre 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 produtos fitossanitários que atingem as plantas e o solo.

Tomazela et al. (2006) avaliaram a quantidade de calda pulverizada depositada no solo e nas folhas de *Brachiaria plantaginea* em aplicações de pós-emergência precoce, variando a densidade de plantas. m^{-2} , o volume de calda aplicado e o ângulo de incidência do jato de

pulverização. Placas de fórmica, por serem lisas, planas e de material inerte, foram utilizadas para captura do depósito que não seria depositado nas folhas das plantas e, conseqüentemente, estaria atingindo o solo. Bauer e Raetano (2000), visando estimar as possíveis perdas durante a aplicação de produtos fitossanitários com equipamentos tratorizados sem ar (convencional) e com assistência de ar junto à barra de pulverização, avaliaram a deriva de pulverizações também utilizando placas de fórmica.

Cunha et al. (2005) avaliaram a deriva da calda fungicida pulverizada em feijoeiro utilizando alvos artificiais com etiquetas de papel sensível à água, que permitiam quantificar a porcentagem de cobertura, do mesmo modo que foi feito por Wolf e Frohberg (2002) e Sumner e Sumner (1999).

Enfim, alvos artificiais são bastante utilizados, tanto para simular a coleta de depósitos em alvos naturais, quanto para avaliar a perda da pulverização dos produtos fitossanitários dentro e fora das áreas de estudo. Na maioria das vezes os alvos artificiais servem para favorecer a extração dos marcadores, facilitando o trabalho e a obtenção de resultados de deposição das pulverizações.

2.3 Análises de deposição da pulverização com marcadores

Por definição, substância marcadora é aquela usada para marcar ou monitorar o andamento ou o comportamento de um processo, podendo ser o ingrediente ativo da formulação de um produto fitossanitário ou qualquer substância química usada para imitar o mesmo no momento da aplicação.

O processo mais empregado para estudar a dinâmica das pulverizações com produtos fitossanitários no Brasil tem sido a análise da deposição das gotas, utilizando-se de tais substâncias marcadoras, com a qual tem se tomado as decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização. A análise da deposição desses produtos baseia-se na recuperação e detecção das substâncias, presentes na própria superfície das plantas ou em alvos artificiais, através de técnicas e equipamentos específicos.

Estudos sobre padrões de deposição das pulverizações indicam grande variabilidade na deposição dos produtos fitossanitários ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (Coates e Palumbo, 1997; Gupta e Duc, 1996; Pergher et al., 1997).

De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas. No caso de fungicidas, esta desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle das doenças, principalmente no caso de produtos de contato, que requerem cobertura uniforme em toda a planta. Este problema se acentua nas aplicações em que se utilizam pontas de jato plano que, em geral, produzem menor número de gotas por área e menor turbulência (Cunha et al., 2005).

A marcação das caldas de pulverização antes da dispersão, com marcadores facilmente detectáveis, tem se tornado uma prática largamente empregada pela facilidade de sua visualização e/ou remoção das folhas ou alvos coletores diretamente pela utilização de água. O custo das análises, a disponibilidade de equipamento analítico e a precisão desejada para os resultados representam fatores importantes na escolha de um determinado marcador para realização dos ensaios (Chaim et al., 1999b).

As avaliações da deposição da pulverização com a técnica de visualização do depósito nas folhas foram utilizadas pela primeira vez, por Staniland (1959), usando pigmentos fluorescentes. O autor descreveu como um método importante, principalmente pela possibilidade de localizar com precisão onde o produto se depositou, como um valioso instrumento para demonstração da distribuição e intensidade da cobertura obtida, além de possibilitar avaliar os efeitos da umidade, tenacidade, tipos de pontas, variações de volume de aplicação, pressão, velocidade e outras causas que afetam as operações de pulverizações em diferentes culturas. No entanto, a perda de fluorescência após a aplicação em alvos diretamente expostos ao ambiente (raios solares) e a facilidade de remoção das superfícies tratadas constituem limitações ao uso desses pigmentos.

Muitos pesquisadores já utilizaram como marcador os próprios inseticidas (Ware et al., 1969a, 1969b; Ware et al., 1970a, 1970b; Briand et al., 2001), partículas fluorescentes como Zn, Ca, e S (Murray e Vaughan, 1970), agrotóxicos marcados (Maybank et al., 1974), radioisótopos (Dobson et al., 1983), corantes fluorescentes (Liljedahl e Strait, 1959; Yates e Akesson, 1963; Fox et al., 1990; Salyani e Cromwell, 1992; Ferracin et al., 2004; Serra et al.,

2008) e corantes de alimentos (Pergher et al., 1997; Palladini et al., 2005). Quantick (1985) mencionou os principais métodos para análise de recuperação de químicos em experimentos relacionados à tecnologia de aplicação. Dentre eles, aquele que utiliza como marcador íons metálicos, que podem ser detectados por espectrofotometria de absorção atômica, apresenta ótima sensibilidade e baixo custo de análise. Alguns estudos de deposição utilizando tal metodologia foram conduzidos com fungicidas cúpricos (Herrington et al., 1981; Whitney et al., 1989; Salyani e Whitney, 1991; Chaim et al., 2002; Christovam et al., 2010) onde o cobre apresenta a vantagem de baixa velocidade de absorção na superfície foliar comparado aos demais elementos, o que confere maior estabilidade aos depósitos e segurança nas análises.

Íons sódio e potássio também têm sido utilizados como marcadores, podendo ser determinados por condutividade elétrica (Bauer e Raetano, 2000), ou por fotometria de chama (Oliveira et al., 2002).

2.3.1 Cloreto de sódio (NaCl)

O uso de sais como substância marcadora em estudos para medição de deriva em aplicações aéreas foi relatado por Semmes et al. (1990). Um método alternativo para avaliação da uniformidade de distribuição e perdas durante a aplicação usando sais (cloreto de sódio e cloreto de potássio) como marcadores baseado na diferença de condutividade elétrica das soluções resultantes da lavagem dos alvos em água destilada foi descrito por Velini et al. (1995) e utilizado por Nogueira (1996). O uso da condutividade elétrica como método quantitativo de medição dos níveis de depósitos de KCl em folhas de citros foi utilizado por Raetano (1996) em teste com pulverizador de arrasto tratorizado de jato transportado. Há porém que se tomar os devidos cuidados com uso de sais como marcadores em pulverizações uma vez que o tempo após a aplicação é fator importante pois essas substâncias podem ser absorvidas com maior ou menor velocidade e intensidade pelas folhas, fato que pode alterar os resultados das análises.

Bauer e Raetano (2000) utilizaram para cálculo dos níveis de depósitos em alvos naturais e artificiais soluções de NaCl e KCl a 2%. Tomazela et al. (2006) avaliaram a quantidade da calda de pulverização depositada nas folhas de *Brachiaria plantaginea*, com

solução de NaCl a 5% como marcador em todas as pulverizações avaliando-se a condutividade elétrica das soluções obtidas da lavagem das plantas.

Gandolfo et al. (2010) avaliaram o depósito de calda pulverizada sobre solo coberto e descoberto com e sem adição de adjuvante à calda, em diferentes técnicas de aplicação utilizando a condutibilidade elétrica de soluções como parâmetro de avaliação. A escolha desse método para esse tipo de análise se deu pelo aquecimento e o resfriamento do ar produzirem variações diárias e estacionais da mesma forma que a temperatura do solo. As trocas de calor do ar com a superfície do solo se dão por condução e por convecção. Uma vez que o ar possui baixa condutividade térmica, o seu aquecimento e resfriamento por influência do solo não superariam 3 metros de altura caso a transferência de calor ocorresse apenas por condução (Tubelis & Nascimento, 1980).

O NaCl é amplamente disponível no mercado, além de apresentar baixo custo. Sasaki (2005) estudando sistemas aerados de tratamento de esgotos domésticos ou de efluentes industriais verificaram o comportamento do marcador NaCl e de dois marcadores fluorescentes, amidorodamina G-Extra e uranina, concluindo que esses dois últimos não foram adequados para o sistema empregado, pois houve grande perda de marcador durante o ensaio, possivelmente causada pela presença de cloro livre, que afeta a fluorescência dessas substâncias.

2.3.2 Íon cobre

Salyani and Whitney (1988) em seus estudos de avaliação de metodologias de deposição da pulverização utilizaram o cobre como marcador, pois tem se mostrado estável e não fotossensível.

Chaim et al. (1999) testaram um método simples para avaliar a deposição de produtos fitossanitários em plantas, utilizando-se a própria calda fungicida como marcador e técnica de amostragem de manuseio rápido e baixo custo analítico. Dois ensaios foram montados para avaliação da taxa de recuperação de produtos fitossanitários na cultura de tomate estaqueado, da perda de produto para o solo e do potencial de deriva. Como marcador foi usado um fungicida cúprico, contendo em sua formulação o equivalente a 350 g de cobre metálico/kg. O

produto foi aplicado diluído em água procurando-se na medida do possível, o preparo de caldas com teor de 1.400 mg/L de cobre metálico. As amostragens foram realizadas com alvos artificiais constituídos de papel do tipo mata-borrão - 250 g/m². Chaim et al. (2001) utilizaram da mesma metodologia para avaliar o grau de exposição dos aplicadores, com roupas de proteção –Tyvek.

Cross et al. (2001) fizeram uso dos íons metálicos manganês, zinco, estrôncio e cobre como marcadores nos experimentos. Eles investigaram os efeitos do ajuste da taxa de fluxo da pulverização líquida por três anos consecutivos utilizando esses marcadores nos diferentes tratamentos (três taxas de fluxo de pulverização de um “axial fan air-blast sprayer”, sendo 28.6 - 29.9 L min⁻¹, taxa de fluxo alta; 10.9 - 11.4 L min⁻¹, taxa de fluxo média; e 3.4- 3.9 L min⁻¹, taxa de fluxo de pulverização baixa). Os efeitos sobre os depósitos quantitativos da pulverização, suas distribuições nas folhas e nos frutos e a cobertura de pulverização nas folhas foram determinados juntos com as perdas de pulverização pela deriva e nas linhas do solo.

Byers et al. (1984) pulverizaram cobre quelatado sobre macieiras e analisaram os depósitos por espectrometria de absorção atômica. Christovam et al. (2010) também optaram pelo uso do íon cobre como marcador para realização de seu trabalho. Os autores compararam diferentes tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários no controle da ferrugem da soja e concluíram, através da extração do marcador em papel filtro utilizado como alvo, que a assistência de ar acoplada à barra de pulverização estimulou um aumento de depósitos da pulverização na cultura da soja, especialmente na região baixeira da planta e na face abaxial das folhas, o que fornece melhor controle da ferrugem asiática da soja.

2.3.3 Produto fitossanitário

A opção pelo uso da substância ativa de uma formulação depende do objetivo e dos métodos utilizados no estudo. Caso se deseje determinar somente a deposição ou a localização inicial do que foi pulverizado substâncias que não o ativo podem ser usadas mas, desejando-se estudar o caminho e/ou o destino daquilo que foi aplicado deve-se optar pelo ativo marcando-o com radiação ou quantificando-o em análises químicas (Cook & Hislop, 1993).

Técnicas analíticas com grande sensibilidade tais como a Cromatografia Gasosa (CG) e a Cromatografia Líquida (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) associadas aos diversos detectores inclusive a espectrometria de massas, têm contribuído constantemente para a análise de amostras ambientais na determinação de compostos químicos em baixas concentrações. No caso dos compostos mais voláteis, a preferência tem sido por técnicas de CG. Por outro lado, para compostos termolábeis, técnicas envolvendo cromatografia líquida são consideradas as mais adequadas (Péres-Ruiz et al., 2005; Barcelo, 1993). Vischetti et al. (2008) avaliaram a deriva dos compostos chlorpyrifos (DURSBAN 44.6% CE) e metalaxyl (METAMIX M WP) analisando os resíduos dos produtos fitossanitários em HPLC.

Marques (2005) utilizou a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas Tandem (LC-ESI-MS/MS) e confirmou sua eficiência em função da sensibilidade e seletividade do método na determinação de compostos triazínicos e carbamatos em água tratada e superficial. A escolha pela determinação desses produtos em água foi devido à utilização dos mesmos tanto na escala mundial, nacional e regional; frequência nos estudos de monitoramento internacionais, tanto em água bruta como tratada; e persistência das características físico-químicas. Recentemente, Pizzuti et al. (2007) desenvolveram e validaram um método multirresíduo de 169 produtos fitossanitários utilizando LC-ESI-MS/MS, que mostrou ser rápido, robusto e eficiente.

Moracci (2008), com o objetivo avaliar a presença de resíduos de produtos fitossanitários (triazínicos, carbamatos e estrobilurina) em Estação de Tratamento de Água (ETA) da região do Vale do Ribeira, São Paulo, a partir da análise de amostras de lodo aplicou técnicas analíticas recentes para a determinação dos compostos explorando algumas de suas principais características, tais como a elevada sensibilidade (Espectrometria de Massas) e capacidade de discriminação dos compostos (Cromatografia e Espectrometria de Massas).

Briand et al. (2001) avaliaram a deriva de onze produtos fitossanitários (captan, cyproconazole, cyprodinyl, formothion, iprodione, nuarimol, phosalone, simazine, tebufenpyrad and vamidothion) em pomar comercial de maçã através do método analítico Cromatografia Gasosa por Espectrometro de Massa, o qual representa um método eficiente na detecção de tais produtos fitossanitários que se depositam na atmosfera, principalmente pela deriva da pulverização agrícola (Payne e Thompson, 1992; Watanabe, 1998).

Smelt et al. (1993) compararam depósitos do marcador brilhante Sulfoflavina com produto fitossanitário Captan, detectados por fluorimetria e cromatografia gasosa, respectivamente, em pulverizações de macieira. As diferenças constatadas entre os depósitos de ambos os produtos foram pequenas e, como conclusão, obtiveram no corante uma alternativa útil e econômica para estudos de deposição nos experimentos com equipamentos de pulverização.

Estudos têm sido realizados utilizando cromatografia gasosa para determinar a concentração orgânica da atmosfera (Sipin et al., 2003). Os produtos fitossanitários são extraídos e analisados por cromatografia gasosa. Essa técnica tem sido utilizada para a quantificação de agroquímicos no ar durante a aplicação (Miller et al., 2000; Wittich e Siebers, 2002) e após a aplicação dos mesmos (Scholtz et al., 2002; Siebers et al., 2003), bem como para estimar a concentração desses produtos na atmosfera devido ao transporte às longas distâncias (Majewski et al., 1998; Sanusi et al., 2000; Kumar, 2001) e sua deposição (Epple et al., 2002).

2.3.4 Corante Azul Brilhante

No Brasil, os estudos referentes à estabilidade dos corantes, às características físicas das caldas e ao desenvolvimento da metodologia de análise quantitativa envolvendo o corante Azul Brilhante, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” (FD&C) como FD&C Blue n. 1, foram inicialmente realizados por Palladini (2000). A partir desta data, a quase totalidade dos pesquisadores no país tem se utilizado desta técnica para estudar a quantidade dos depósitos das pulverizações em alvos naturais ou artificiais (Souza et al., 2000; Tofoli, 2001; Negrisoli et al., 2002; Costa et al., 2004; Silva et al., 2004; Terra et al., 2004).

Palladini (2000) verificou que soluções aquosas com os corantes Azul Brilhante, Azul Comercial, Amarelo Tartrasina e Amarelo Crepúsculo, nas concentrações de 0,15%, mantiveram o mesmo valor da tensão superficial da água. Os resultados mostraram que o uso desses produtos é adequado como marcadores, pois se enquadram dentro dos objetivos da utilização de produto marcador que, na ausência de adjuvantes, não proporcionam alterações na tensão superficial das soluções.

Souza et al. (2007) utilizaram alvos naturais (plantas de soja; *B. plantaginea* no estágio de duas a oito folhas, coletadas na linha da cultura; e *B. plantaginea* e *C. benghalensis* nas entrelinhas) e alvos artificiais (lâminas distribuídas a 0, 12,2 e 22,5 cm da linha da cultura) para avaliarem a variabilidade dos depósitos de marcadores, simulando herbicidas aplicados em pós-emergência, em populações de *Brachiaria plantaginea* e *Commelina benghalensis* infestantes da cultura da soja. Os depósitos dos marcadores foram também avaliados em plantas da cultura, utilizando-se o pulverizador de barra tratorizado, com pontas de jato plano da série 110-SF-03, aplicando o volume de 250 L ha⁻¹ de calda preparada com 0,18% de corante Azul Brilhante e 0,18% de Saturn Yellow. Segundo Palladini et al. (2005) a mistura desses dois marcadores proporcionou o estabelecimento de um método qualitativo, pela avaliação visual sobre luz ultravioleta da distribuição do pigmento, e quantitativo com a determinação da quantidade depositada do corante numa mesma solução.

Marchi et al. (2005) testaram a estabilidade do corante FD&C Blue n. 1 em relação à degradação luminosa e absorção foliar quando depositados em folhas de plantas íntegras de *Eichhornia crassipes* e mantidos em longos períodos de contato foliar e exposição à luz solar. Os resultados demonstram que o corante Azul Brilhante pode ser utilizado em estudos de tecnologia de aplicação com gotas pulverizadas sobre alvos artificiais inertes e mantidos em campo por um período de até 10,0 horas de exposição solar sem que ocorram perdas significativas. Entretanto, apresenta a restrição de contato com alvos naturais íntegros de no máximo 6,0 horas para que ocorram perdas significativas por retenção nos tecidos foliares de aguapé. Cabe salientar que a extração do corante pode variar em função das características morfológicas da folha e da espécie- alvo a ser utilizada nos estudos quantitativos de deposição de gotas pulverizadas sobre alvos naturais íntegros.

2.3.5 Rodamina B

Ao longo do tempo, uma gama de marcadores fluorescentes, tais como: Rodamina B, Fluoresceína, Pontacyl Brilliant Pink B, Rodamina BA, Rodamina WT, Sulforodamina B e Amidorodamina G Extra, têm sido testados e utilizados nos estudos para avaliação da pulverização. Alguns foram desenvolvidos para o atendimento de finalidades específicas e cada um deles possui vantagens e desvantagens que devem ser exploradas pelo pesquisador

em função de suas necessidades locais. Dentre todos os citados, o mais conhecido e mais largamente utilizado tem sido a 'Rodamina B'.

Salyani e Whitney (1988) testando vários corantes fluorescentes solúveis em água, incluindo Fluoresceína, Uranina e Rodamina B, revelaram que os resíduos secos desses corantes em folhas de citros não fluorescem sobre longo e curto comprimento de onda de luz ultravioleta, não sendo possível a realização do julgamento visual dos depósitos. Os corantes foram fotossensíveis e sua fluorescência foi diminuída com o tempo, sendo a Rodamina B menos sensível e mais estável, destacando-se que se encontra na lista EPA como ingrediente inerte de interesse toxicológico (U.S. EPA, 1987).

Fontoura e Niencheski (2003) apresentaram noções práticas de utilização do marcador fluorescente 'Rodamina B', fornecendo subsídios a quem necessite valer-se de tal método sem possuir experiência anterior. Para tanto, eles utilizaram dados de cruzeiros realizados em 1997 e 1998, na região sul do estuário da Lagoa dos Patos. A metodologia consistiu em gerar manchas superficiais e monitorar sua dispersão com o auxílio de fotografias aéreas e amostragem seqüencial da água, em transectos ortogonais sobre as manchas. As curvas contínuas de concentração de 'Rodamina B' foram obtidas através da correlação entre as absorvâncias determinadas nas amostras de água e as radiâncias extraídas das aerofotos, para pontos comuns.

Ferracini et al. (2004) desenvolveram um método utilizando Rodamina B, como marcador para avaliar a eficiência na deposição das pulverizações. Este método é vantajoso por ser rápido e de baixo custo quando comparado a outros métodos. O método foi testado em pulverização na cultura do milho, tendo como alvo principal o cartucho das plantas com índice de recuperação da Rodamina B em papel mata borrão de $100 \pm 3,3\%$. Os resultados mostraram que apenas 22% do resíduo esperado, foi depositado no local desejado.

A avaliação da deposição de produtos fitossanitários em videira, cultivada na forma de latada, proporcionada por diferentes tipos de pulverizadores e pontas de pulverização foi realizada por Chaim et al. (2004) com o uso de Rodamina B junto à calda de pulverização. O uso de Rodamina B como marcador em trabalhos prévios realizado por Scramin et al. (2002) e Ferracini et al. (2004) demonstram que o método de extração com água e Tween 80 recupera 100% ($\pm 3,3\%$) do produto aplicado em papel mata borrão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em casa-de-vegetação sob condições de temperatura e umidade relativa do ar controladas ($23 \pm 2^\circ\text{C}$ e $78 \pm 2\%$, respectivamente), e as pulverizações realizadas no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Campus de Botucatu, SP.

Um sistema de pulverização com controle de velocidade e pressão de trabalho, equipado com 6 pontas de pulverização e com capacidade para 2 litros de calda (Figura 1) foi utilizado nesse estudo. O volume de calda foi equivalente a $100 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ utilizando a ponta de pulverização XR 110015, submetida à pressão de 150 kPa e na velocidade de deslocamento do pulverizador de $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.



Figura 1. Sistema de pulverização com controle de velocidade e pressão de trabalho do Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos da FCA/ UNESP – Campus de Botucatu/SP.

Sementes de feijão, *Phaseolus vulgaris*, e capim marmelada, *Brachiaria plantaginea*, foram semeadas em vasos plásticos com capacidade para 5 L de substrato com a finalidade de servirem de plantas-alvo nos ensaios de comparação das metodologias de deposição da pulverização. Antes do plantio, teste de germinação para ambas culturas, feijão e capim marmelada, foram realizados, apresentando germinação de 87% e 45%, respectivamente. Com base nesse teste prévio, foram semeadas quatro sementes de feijão e 20 sementes de capim marmelada em cada vaso, garantindo assim a emergência das plântulas.

A seleção dessas espécies vegetais nos testes se deu por representarem plantas mono e dicotiledônea. Como dicotiledônea o feijão foi selecionado pela época de condução do

experimento, outono, sendo favorável à sua germinação. Dentre as espécies de *Brachiaria*, o capim marmelada foi selecionado por apresentar pilosidade menos intensa, caso contrário essa característica morfológica poderia influenciar na deposição da pulverização e pelo fato de estar presente como planta daninha nos cultivos agrícolas.

O substrato foi preparado na proporção de 1L solo argiloso (latossolo vermelho escuro); 2L areia; 1L matéria orgânica, e a adubação com 0,95g termofosfato BZ + 0,85 g de super simples + 0,195g de cloreto de potássio, por litro de substrato.

Um dia antes da realização dos experimentos foi feito o desbaste das plantas nos vasos, deixando-se uma planta de feijão e três plantas de capim marmelada nos respectivos vasos.

O experimento com feijão foi realizado aos 50 DAS (dias após a semeadura), quando as plantas estavam na fase R5 (pré-floração) da cultura e o experimento com capim marmelada foi realizado aos 74 DAS.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo cada repetição representada por 10 vasos, totalizando 40 vasos por tratamento.

Os tratamentos foram os marcadores, Azul Brilhante, oxiclreto de cobre, cloreto de sódio, Rodamina B e o fungicida tebuconazole (Orius 250 CE) nas concentrações e dosagens, descritas na Tabela 1. Esses marcadores foram escolhidos porque são frequentemente utilizados em estudos de deposição da pulverização no Brasil. O fungicida tebuconazole é registrado para a cultura do feijoeiro na dosagem utilizada nesse estudo, porém não é registrado para o capim marmelada, sendo utilizado para esse alvo somente como marcador.

Tabela 1. Tratamentos e dosagens dos marcadores utilizados nos ensaios de pulverização em feijão e capim marmelada.

Tratamentos	Concentração (ppm)	Dosagem (g.L ⁻¹)
Azul Brilhante FD&C Blue n. 1	1500 (Palladini et al., 2005)	1,5
Cobox (oxiclreto de cobre)	2500 (Christovam et al., 2010)	2,5
Cloreto de sódio P.A.	20000 (Bauer e Raetano, 2000)	20
Rodamina B	50 (Serra et al., 2008)	0,05
Fungicida Orius 250 CE (tebuconazole)	2000 ppm de i.a (Andrei, 2005)	2

Para o estabelecimento das concentrações dos marcadores foram seguidos os métodos relatados na literatura com cada marcador (Tabela 1) para avaliação quantitativa dos depósitos da pulverização. Já a concentração de tebuconazole foi estabelecida pela dose de registro para volume de calda equivalente a 100 L ha^{-1} (Andrei, 2005).

Para todos os tratamentos foram comparados os depósitos da pulverização em alvo natural, plantas de feijão e *B. plantaginea*, e em alvos artificiais, sendo papel mata-borrão para o tratamento com o marcador Rodamina B, papel filtro para os demais tratamentos, e lâminas de vidro em todos tratamentos, como superfície hidrofílica padrão de comparação.

Em cada planta, alvo natural (A) foi fixado um alvo artificial, papel filtro (B) nas dimensões de 3 cm x 4 cm. No total foram colocados 40 vasos com plantas de feijão e capim marmelada e 40 papéis por tratamento. Adicionalmente à esses alvos foram colocadas na mesma altura das plantas doze lâminas de vidro, nas quais também foram fixados papéis (C), na dimensão exata das lâminas (2,5 cm x 7,5 cm), e doze lâminas de vidro, sem papel (D). As lâminas foram colocadas entre os vasos, em um suporte na altura das plantas e utilizadas no estudo como alvo perfeito (por serem lisas e estar perpendiculares à barra de pulverização) para a captura das gotas da pulverização. As lâminas de vidro foram utilizadas para comparação da extração dos depósitos da pulverização com os demais alvos (Figuras 2 e 3).

A pulverização com os referidos marcadores foi realizada separadamente para cada tratamento, sendo realizada uma passada da barra de pulverização sobre os alvos dos 40 vasos.

Paralelamente ao ensaio foi realizado um teste em laboratório para se obter os coeficientes de extração dos marcadores nos diferentes alvos, em cinco repetições para cada alvo em estudo. Assim, foi distribuído, com uma pipeta automática, em cada alvo uma quantidade conhecida de calda contendo cada marcador (40 μL). Após 10 minutos foi feita a extração dos marcadores com 20 mL de água para o azul brilhante, rodamina B, íon cloreto de sódio e o fungicida tebuconazole, e com mesma quantidade da solução extratora de ácido nítrico a 1 Mol L^{-1} para o íon cobre.

As soluções obtidas dessa extração foram analisadas e com a quantidade de marcador extraída da planta foi possível conhecer os coeficientes de extração de cada marcador nos diferentes alvos.

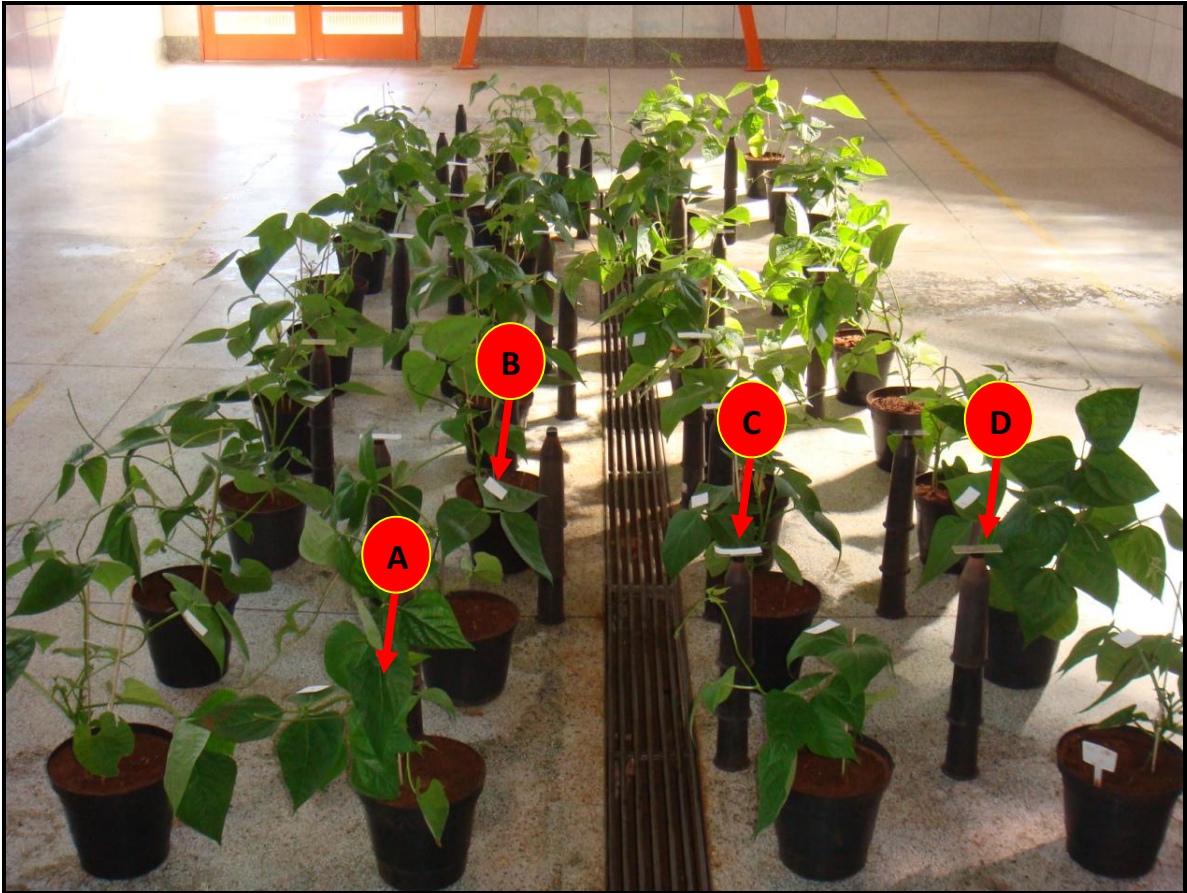


Figura 2. Ensaio com plantas de feijão, demonstrando os alvos naturais (A) e artificiais: papel filtro na planta (B), lâmina com papel (C) e lâmina lisa (D).



Figura 3. Ensaio com plantas de capim marmelada, demonstrando os alvos naturais (A) e artificiais: papel filtro na planta (B), lâmina com papel (C) e lâmina lisa (D).

3.1 Deposição da pulverização nos alvos com o marcador Azul Brilhante

Para a avaliação quantitativa dos depósitos da pulverização, utilizou-se como marcador, o corante alimentício Azul Brilhante em solução aquosa (0,15%), sendo a calda de pulverização preparada com 1,5 g do corante por litro de água. A metodologia utilizada para a extração e análise foi a mesma descrita por Palladini (2000).

Após a pulverização, as plantas foram cortadas junto à superfície do solo, colhidas e colocadas, individualmente, em sacos plásticos devidamente identificados e acondicionados em refrigerador ($8\pm 3^{\circ}\text{C}$) até o término das aplicações.

A lavagem das plantas, dos papéis e das lâminas foi procedida de diferentes maneiras. Em cada saco plástico, foram colocados 200 mL de água destilada e deionizada para a planta de feijão e 50 mL para capim marmelada, procedendo-se a agitação por 30 segundos visando a extração do corante das plantas alvo. Parte da solução de lavagem foi colocada em vidros âmbar com capacidade de 30 mL.

Posteriormente à extração do marcador, foi feita a medição da área foliar de cada planta em um medidor de área foliar de bancada, marca LICOR modelo 3100. Após mensurar a área foliar, as plantas foram guardadas em sacos de papel e levadas para estufa a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por quatro dias para obtenção de matéria seca.

Os papéis filtro foram destacados das plantas e das lâminas que os continham, com auxílio de uma pinça, e colocados em vidros âmbar com capacidade de 30 mL, onde foram adicionados 20 mL de água destilada e deionizada.

As lâminas sem a presença do papel filtro foram lavadas com 20 mL de água destilada e deionizada e as soluções foram também depositadas em vidros âmbar de mesma capacidade em volume. Os frascos que continham papel filtro foram agitados durante 15 minutos a uma velocidade de 220 rpm, em mesa agitadora para melhor extração da substância marcadora do papel filtro (Figura 4).

Todos os vidros com as soluções foram mantidos em refrigerador ($8 \pm 3^{\circ}\text{C}$) até o momento da análise.

As leituras (absorbância) dos depósitos do marcador foram realizadas em espectrofotômetro Shimadzu UV 1601 PC, equipado com filtro no comprimento de onda de 630 nanômetros (nm).



Figura 4. Mesa agitadora orbital TE-145, para agitação das amostras para análise da substância marcadora.

Para obtenção dos valores dos depósitos do corante marcador nos alvos, foi confeccionada a curva padrão de linearidade com a mesma solução aplicada sobre o feijão e capim marmelada. A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações de 10,0; 5,0; 2,5; 1,25; 0,625; 0,15625 mg L⁻¹. A curva de calibração, com a respectiva equação linear ajustada com excelente linearidade ($R^2= 0,9999$) é apresentada na Figura 5.

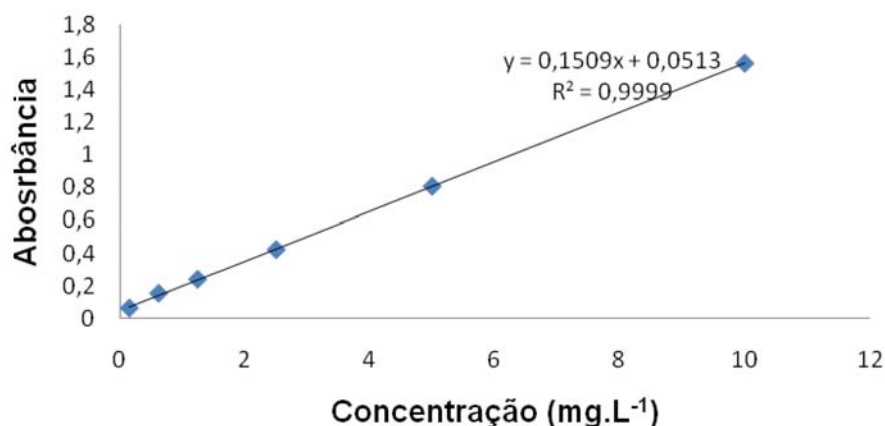


Figura 5. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes do marcador Azul Brilhante.

Os dados de absorbância foram transformados em concentração (mg L^{-1}) e, de posse da concentração inicial (1500 mg L^{-1}) e do volume de diluição das amostras dos alvos naturais e artificiais (200 mL, 50 mL e 20 mL), determinou-se o volume retido nos alvos, conforme a Equação 1 (E1). A partir deste valor, os depósitos da pulverização por unidade de área foram obtidos dividindo-se o volume capturado nos alvos pelas respectivas áreas de exposição e pelo peso de matéria seca obtendo-se assim, a quantidade em $\mu\text{L cm}^{-2}$ de folha e $\mu\text{L g}^{-1}$ de matéria seca.

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \quad (\text{E1})$$

Onde: C_i = concentração inicial na calda de pulverização (mg L^{-1})

V_i = volume extraído pelo alvo (mL)

C_f = concentração detectada em densidade óptica (mg L^{-1})

V_f = volume de diluição da amostra de cada planta (mL)

3.2 Deposição da pulverização nos alvos com o íon cobre

Na avaliação dos depósitos foi utilizada uma substância marcadora na concentração de $250 \text{ g } 100 \text{ L}^{-1}$ de um produto cúprico (Cobox®) na forma de oxiclreto de cobre, com

equivalência de 50% de cobre metálico, possibilitando a quantificação do volume de calda depositado nos alvos. Após a pulverização das plantas alvo com este marcador foram utilizados os mesmos procedimentos para acondicionamento das plantas, medição da área foliar e preparo das amostras para obtenção de matéria seca, anteriormente realizado envolvendo o corante marcador Azul Brillhante.

A metodologia utilizada para a extração e análise foi a mesma descrita por Christovam et al. (2010).

A lavagem das plantas, dos papéis e das lâminas foi procedida de diferentes maneiras. Em cada saco plástico, foram colocados 200 mL de ácido nítrico a $1,0 \text{ Mol L}^{-1}$ para a planta de feijão e 50 mL para o capim marmelada.

Posteriormente à extração do marcador, foi feita a medição da área foliar de cada planta em um medidor de área foliar de bancada, marca LICOR modelo 3100. Após mensurar a área foliar, as plantas foram guardadas em sacos de papel e levadas para estufa a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ por quatro dias para obtenção de matéria seca.

Os papéis filtro foram destacados das plantas e das lâminas que os continham, com auxílio de uma pinça, e colocados em vidros âmbar com capacidade de 30 mL, onde foram adicionados 20 mL de ácido nítrico a $1,0 \text{ Mol L}^{-1}$.

As lâminas sem a presença do papel filtro foram lavadas com 20 mL de ácido nítrico a $1,0 \text{ Mol L}^{-1}$, e as soluções foram também depositadas em vidros âmbar de mesma capacidade em volume.

Todos os frascos que continham papel filtro foram agitados durante 15 minutos a uma velocidade de 220 rpm, em mesa agitadora, para melhor extração do marcador cúprico do papel filtro. Os frascos com as soluções foram mantidos em refrigerador ($8 \pm 3^\circ\text{C}$) até o momento da análise.

As soluções provenientes das lavagens dos alvos foram levadas ao espectrofotômetro de absorção atômica, modelo 2380 PERKIN-ELMER para quantificação do íon cobre (Cu).

Para obtenção dos valores dos depósitos do marcador nos alvos, foi confeccionada a curva padrão de linearidade com a mesma solução aplicada sobre o feijão e capim marmelada. A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações de 6,0; 4,0;

2,0; 1,0 e 0,5 mg L⁻¹. A curva de calibração, com a respectiva equação linear ajustada com excelente linearidade ($R^2= 1$) é apresentada na Figura 6.

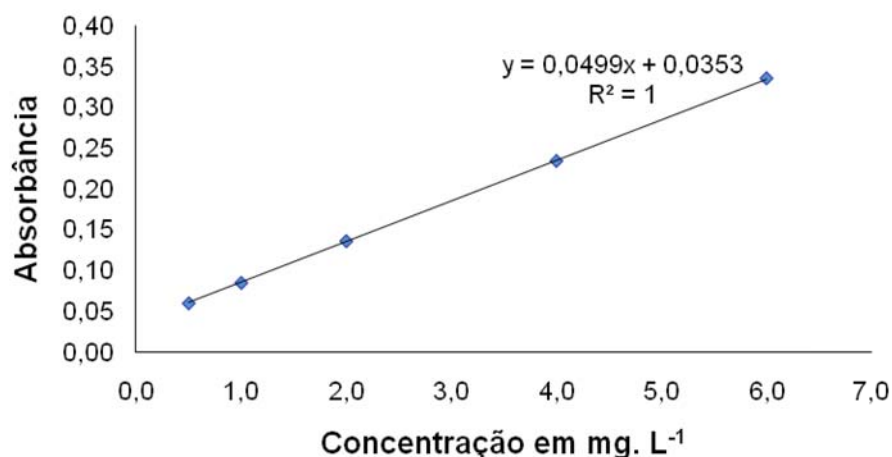


Figura 6. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes do íon marcador cobre.

Os dados de leitura do equipamento foram expressos em concentração (mg L⁻¹) e, de posse da concentração inicial de cobre (1250 mg L⁻¹) e do volume de diluição das amostras dos alvos naturais e artificiais (200 mL, 50 mL e 20 mL), determinou-se o volume retido nos alvos, de acordo com a Equação 1. A partir deste valor, dividiu-se o volume de calda capturado pela respectiva área de exposição das plantas e dos alvos artificiais, bem como pelo peso de matéria seca, obtendo-se assim, a quantidade em $\mu\text{L cm}^{-2}$ de folha e $\mu\text{L g}^{-1}$ de matéria seca.

3.3 Deposição da pulverização nos alvos com o marcador NaCl

O preparo da calda foi feito pela mistura de 20 g de NaCl por litro de água, para posterior pulverização nos alvos.

A metodologia utilizada para a extração e análise foi a mesma descrita por Bauer e Raetano (2000).

O sal, cloreto de sódio, dissolvido em água na concentração de 2% (massa/volume) foi pulverizado em alvos naturais (plantas de feijão e *B. plantaginea*) e artificiais (papel filtro e lâmina de vidro) para determinação dos depósitos. A opção pelo uso desse sal como marcador se deu pela facilidade de aquisição, baixo custo e facilidade de leitura, além do fato de não ser tóxico às culturas nessa concentração e não apresentar absorção foliar muito rápida.

Após a pulverização do marcador NaCl os procedimentos para acondicionamento das plantas, medição da área foliar e preparo das amostras para obtenção de matéria seca e lavagem dos alvos foram idênticos aos utilizados com os marcadores Azul Brilhante e íon cobre.

As soluções provenientes das lavagens dos alvos foram levadas ao fotômetro de chama DM-61, DIGIMED para quantificação do íon sódio (Na).

Para obtenção dos valores dos depósitos do marcador nos alvos, foi confeccionada a curva padrão de linearidade com a mesma solução aplicada sobre o feijão e capim marmelada. A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações de 20,0; 15,0; 10,0 e 5,0 mg L⁻¹. A curva de calibração, com a respectiva equação linear ajustada com excelente linearidade (R²= 0,9989) é apresentada na Figura 7.

Os dados de leitura do equipamento foram expressos em concentração (mg L⁻¹) e, de posse da concentração inicial (20.000 mg L⁻¹) e do volume de diluição das amostras dos alvos naturais e artificiais (200 mL , 50 mL e 20 mL), determinou-se o volume retido nos alvos, de acordo com a Equação 1.

O tratamento dos dados para obtenção da quantidade dos depósitos do marcador ($\mu\text{l cm}^{-2}$) e de matéria seca ($\mu\text{l g}^{-1}$) foi o mesmo adotado para os demais marcadores envolvidos nesse estudo.

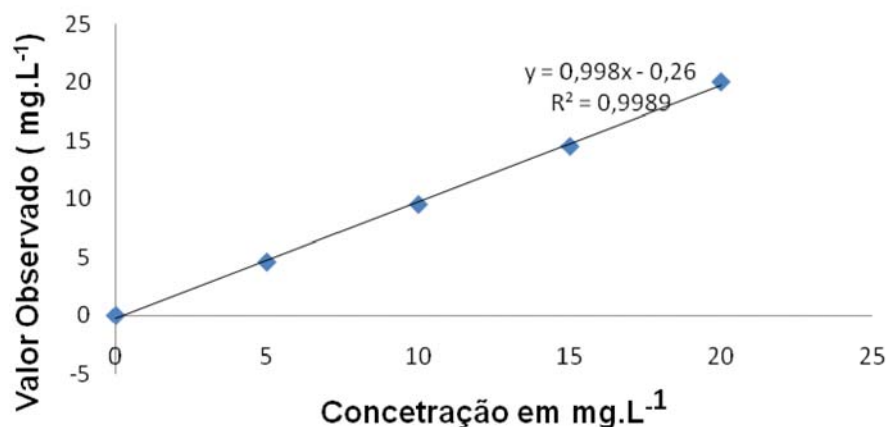


Figura 7. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes do íon marcador sódio.

3.4 Deposição da pulverização nos alvos com o marcador Rodamina B

Para as pulverizações foram usadas caldas aquosas, preparadas no momento da aplicação, com o marcador Rodamina B p.a. (marca Synth) na concentração de 0,05g L⁻¹.

A metodologia utilizada para a extração e análise foi a mesma descrita por Ferracini et al. (2004).

Após a pulverização com esse marcador os procedimentos para acondicionamento das plantas, medição da área foliar e preparo das amostras para obtenção de matéria seca e lavagem dos alvos foram idênticos aos utilizados com os marcadores Azul Brillhante, íon cobre e NaCl.

As leituras dos depósitos do marcador nas soluções de lavagem dos alvos foram realizadas em espectrômetro de fluorescência PERKIN ELMER PRECISELY LS55, equipado com filtro excitador de comprimento de onda de 540 nm e filtro emissor 585 nm.

Para obtenção dos valores dos depósitos nos alvos, foi confeccionada a curva padrão de linearidade com a mesma solução aplicada sobre o feijão e capim marmelada. A faixa de linearidade da leitura foi obtida com as concentrações de 30,0; 25,0; 20,0; 15,0; 10,0 e 5,0 µg L⁻¹. A curva de calibração, com a respectiva equação linear ajustada com excelente linearidade ($R^2 = 0,9965$) é apresentada na Figura 8.

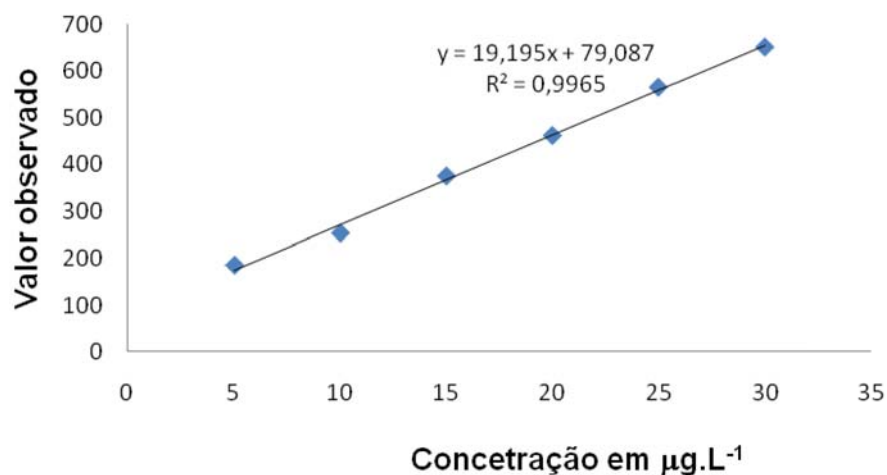


Figura 8. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes do marcador Rodamina B.

As leituras obtidas foram transformadas em concentração (mg L^{-1}) e, de posse da concentração inicial desse marcador (50 mg L^{-1}) e do volume de diluição das amostras dos alvos naturais e artificiais (200 mL, 50 mL e 20 mL), determinou-se o volume retido nos alvos, de acordo com a Equação 1.

O tratamento dos dados para obtenção da quantidade do marcador ($\mu\text{l cm}^{-2}$) e da matéria seca ($\mu\text{l g}^{-1}$) foi o mesmo adotado para os demais marcadores anteriormente descritos nesse estudo.

Paralelamente, dois testes prévios foram conduzidos com o marcador Rodamina B. O primeiro com lâminas de vidro visando detectar o tempo em que as mesmas deveriam ficar imersas em água para a extração desse marcador. Assim, os tratamentos (tempo de imersão) foram constituídos por quatro repetições de lâminas que após a pulverização, em Torre de Pulverização com saída de ar de fluxo contínuo, com volume de 2ml de calda pulverizada, foram colocadas dentro de placas de Petri, onde receberam 20 ml de água destilada e deionizada, e deixadas imersas para extração do marcador após 0, 24, 48 e 72 horas. As soluções retiradas das placas de Petri contendo o marcador foram colocadas em vidros âmbar e realizou-se então a leitura das amostras. O segundo teste com papel filtro e papel mata-borrão, visando comparar a quantidade extraída do marcador nos dois tipos de papéis. Os tratamentos

(tipo de papel) foram constituídos por quatro repetições que após a pulverização foram colocados dentro de frascos âmbar com 20 ml de água destilada e deionizada. As soluções provenientes da lavagem dos papéis foram encaminhadas para a leitura do marcador em espectrômetro de fluorescência.

3.5 Deposição do fungicida tebuconazole como marcador em pulverização

O fungicida tebuconazole na concentração de 250 g L⁻¹ (Orius 250 CE) é recomendado para o controle de doenças nas culturas da banana, batata, cebola, cevada, feijão, maçã, soja, tomate e trigo (Andrei, 2005). Assim, a calda de pulverização para avaliação dos depósitos nos alvos foi preparada seguindo a recomendação da maior dosagem para o controle de doenças na cultura do feijão, sendo utilizado 8 ml L⁻¹ do produto comercial para um volume de aplicação de 100 L ha⁻¹.

A metodologia utilizada para a análise foi a mesma descrita por Antuniassi et al (2007).

Após a pulverização do fungicida tebuconazole os demais procedimentos para acondicionamento das plantas, medição da área foliar e preparo das amostras para obtenção de matéria seca e lavagem dos alvos foram iguais aos utilizados com os marcadores Azul Brillante, íon cobre, NaCl e Rodamina B.

Para a quantificação do tebuconazole, a partir da solução de lavagem dos alvos foi desenvolvido um método analítico em um cromatógrafo líquido, SHIMADZU equipado com software LCMS solution, bomba quaternária LC 20 AD, degazeificador DGU 20AS, injetor automático SIL 10 AF, forno CTO 10ASVP e detector de massas LCMS-2010 EV, que apresenta resultado uniforme a grupos de compostos com características similares, mantendo uma relação constante entre a intensidade de sinal (área do pico cromatográfico) e a concentração dos diferentes compostos expressas em unidades molares.

Para as análises cromatográficas foi empregada uma coluna de C18, marca Synergi 2.5µ Fusion-RP 100Å, dimensões 50 x 4,6 mm e o volume de injeção foi de 30µl. As análises foram efetuadas em modo gradiente, tendo como fases móveis os solventes metanol e água com ácido acético até atingir pH 3,0. A proporção entre os solventes tem início com 50:50

(metanol:água), aos 3 minutos chega a 95:5 e retorna a condição inicial aos 7 minutos. O tempo total de corrida foi de 11 minutos e o tempo de retenção (tempo decorrido da injeção da amostra até o aparecimento do pico cromatográfico) do tebuconazole de 5 minutos.

Para obtenção dos valores dos depósitos nos alvos, foi confeccionada a curva padrão de linearidade com a mesma solução aplicada sobre o feijão e capim marmelada. A faixa de linearidade da leitura observada foi obtida com as concentrações de 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125 mg L⁻¹. A curva de calibração, com a respectiva equação linear ajustada com excelente linearidade ($R^2= 0,9986$) é apresentada na figura 9.

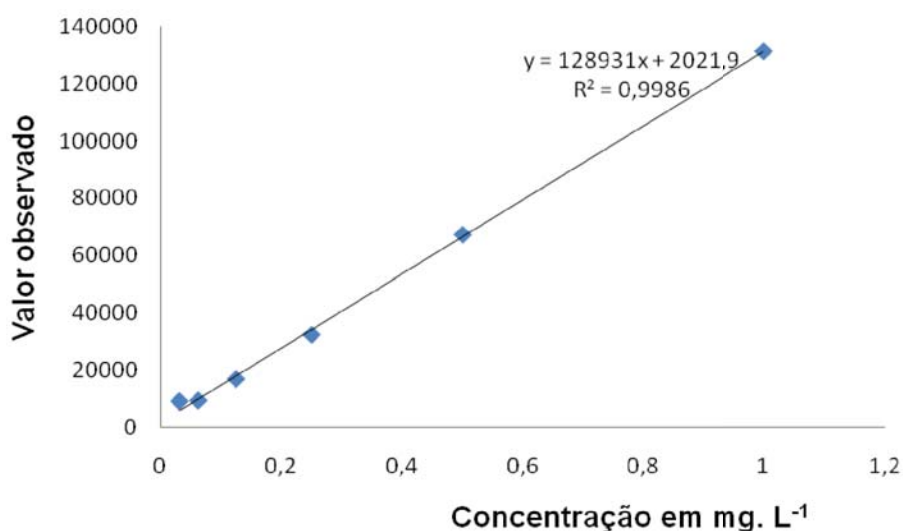


Figura 9. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes do marcador fungicida tebuconazole.

As leituras obtidas foram transformadas em concentração (mg L⁻¹) e, de posse da concentração inicial (2000 mg L⁻¹) e do volume de diluição das amostras dos alvos naturais e artificiais (200 mL, 50 mL e 20 mL), determinou-se o volume retido nos alvos, de acordo com a Equação 1.

O tratamento dos dados para obtenção da quantidade do marcador ($\mu\text{l cm}^{-2}$) e da matéria seca ($\mu\text{l g}^{-1}$) foi o mesmo adotado para os demais marcadores envolvidos nesse estudo.

3.6 Análise estatística

Os valores das médias dos depósitos foram comparados pelas análises dos intervalos de confiança (IC) e considerados estatisticamente diferentes quando não houve sobreposição dos intervalos de confiança a 95% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Coeficientes de extração

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (2002) estabelece para validação de métodos analíticos porcentagens de recuperação de no mínimo 80% até 120%.

Os coeficientes de extração dos marcadores Azul Brillante, íons cobre e sódio, Rodamina B e fungicida tebuconazole nos diferentes alvos podem ser observados respectivamente nas Tabelas 2 a 6. Somente a lâmina lisa extraiu 100% do marcador, enquanto que o papel filtro foi o alvo que mais reteve o marcador não se mostrando um alvo representativo da deposição da pulverização com o corante Azul Brillante (Tabela 2).

Tabela 2 Coeficiente de extração (%) do marcador Azul Brillante nos diferentes alvos.

Alvo	Quantidade depositada no alvo (µL)	Quantidade extraída do alvo (µL)	Coeficiente de Extração (%) ¹
Lâmina	40	40	100
Papel Filtro	40	29	72
Planta de feijão	40	37	93
Planta de capim marmelada	40	37	93

¹ Valores médios (n=5)

O uso do marcador Azul Brilhante em alvos naturais mostrou-se adequado para estudos de avaliação da deposição da pulverização, apresentando coeficientes de extração desse marcador de 93% (Tabela 2).

O marcador íon cobre mostrou-se eficaz em todos os alvos utilizados, com mais de 80% de extração do mesmo, evidenciando o bom desempenho desse marcador em estudos de avaliação de deposição da pulverização, independente do tipo de alvo (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente de extração (%) do marcador íon cobre nos diferentes alvos.

Alvo	Quantidade depositada no alvo (μL)	Quantidade extraída do alvo (μL)	Coeficiente de Extração (%) ¹
Lâmina	40	38	95
Papel Filtro	40	38	95
Planta de feijão	40	35	88
Planta de capim marmelada	40	33	83

¹ Valores médios (n=5)

A metodologia utilizando o marcador íon sódio e Rodamina B nos alvos naturais não pode ser validada, segundo a ANVISA, pois apresentaram coeficientes de extração abaixo de 80% (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Coeficiente de extração (%) do marcador íon sódio nos diferentes alvos.

Alvo	Quantidade depositada no alvo (μL)	Quantidade extraída do alvo (μL)	Coeficiente de Extração (%) ¹
Lâmina	40	35	88
Papel Filtro	40	36	90
Planta de feijão	40	30	75
Planta de capim marmelada	40	30	75

¹ Valores médios (n=5)

Os valores dos coeficientes de extração obtidos com os marcadores íon sódio e Rodamina B em papel filtro, 90 e 93%, respectivamente, merecem destaque pela facilidade de uso desse alvo artificial a campo (Tabelas 4 e 5).

Pelos resultados dos coeficientes de extração obtidos com Rodamina B em alvos naturais pode-se afirmar que não é recomendado o uso desse marcador nos estudos de avaliação da deposição da pulverização utilizando alvos naturais (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficiente de extração (%) do marcador Rodamina B nos diferentes alvos.

Alvo	Quantidade depositada no alvo (μL)	Quantidade extraída do alvo (μL)	Coeficiente de Extração (%) ¹
Lâmina	40	37	93
Papel mata-borrão	40	37	93
Planta de feijão	40	23	58
Planta de capim marmelada	40	19	48

¹ Valores médios (n=5)

Pela tabela 6, verifica-se que a planta de feijão reteve muito mais o fungicida tebuconazole em comparação à planta de capim marmelada.

Tabela 6. Coeficiente de extração (%) do marcador tebuconazole nos diferentes alvos.

Alvo	Quantidade depositada no alvo (μL)	Quantidade extraída do alvo (μL)	Coeficiente de Extração (%) ¹
Lâmina	40	38	95
Papel Filtro	40	34	85
Planta de feijão	40	29	73
Planta de capim marmelada	40	42	105

¹ Valores médios (n=5)

O fato de uma planta ser mono ou dicotiledônea, com arquiteturas diferentes e também pelas diferenças morfológicas existentes entre as mesmas podem ter influenciado nos níveis de extração desse marcador sobre esses alvos (Tabela 6). Outro fato a ser discutido é o registro desse produto para a cultura do feijão no controle de várias doenças, podendo acelerar a absorção do ingrediente ativo na planta e, nesse caso, sendo necessário o procedimento de maceração da planta para a total extração do produto e validação do método.

4.2 Depósitos da pulverização nos diferentes alvos

Os valores dos depósitos dos diferentes tratamentos, expressos em volume de calda capturado em diferentes alvos são apresentados nas Tabelas 7 e 8. Para o tratamento com o marcador Azul Brilhante a lâmina se apresentou como melhor alvo na captura da pulverização, tanto no experimento com feijão (Tabela 7) quanto no experimento com capim marmelada (Tabela 8), com valor médio de depósito igual a $0,69 \mu\text{L cm}^{-2}$ e $0,64 \mu\text{L cm}^{-2}$, respectivamente.

Tabela 7. Valores médios dos depósitos da pulverização em $\mu\text{L cm}^{-2}$ com marcadores sobre diferentes alvos em plantas de feijão.

Tratamento	Planta (IC 95% *)	Papel + Planta (IC 95% *)	Lâmina (IC 95% *)	Lâmina + Papel (IC 95% *)
Azul Brilhante	0,36 (0,30; 0,41)	0,25 (0,19; 0,31)	0,69 (0,58; 0,81)	0,40 (0,28; 0,52)
Cobre	0,39 (0,35; 0,43)	1,03 (0,97; 1,08)	1,25 (1,09; 1,42)	1,08 (1,03; 1,14)
Cloreto de sódio	0,16 (0,14; 0,18)	0,61 (0,56; 0,65)	0,59 (0,57; 0,62)	0,52 (0,48; 0,56)
Rodamina B	0,16 (0,14; 0,17)	0,42 (0,37; 0,47)	0,23 (0,20; 0,25)	0,51 (0,47; 0,56)
Fungicida tebuconazole	0,26 (0,23; 0,29)	1,00 (0,81; 1,19)	1,02 (0,86; 1,19)	1,27 (1,09; 1,45)

* Intervalo de Confiança em 95% de significância

Os demais alvos apresentaram valores médios de deposição no experimento com plantas de feijão utilizando esse marcador, variando entre 0,25 a 0,40 $\mu\text{L cm}^{-2}$ (Tabela 7). Já no experimento com capim marmelada, observa-se também que a lâmina de vidro capturou volume significativamente maior em relação aos demais alvos (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios dos depósitos da pulverização em $\mu\text{L cm}^{-2}$ com marcadores sobre os diferentes alvos em plantas de capim marmelada.

Tratamento	Planta (IC 95% *)	Papel + Planta (IC 95% *)	Lâmina (IC 95% *)	Lâmina + Papel (IC 95% *)
Azul Brilhante	0,29 (0,23; 0,35)	0,25 (0,21; 0,30)	0,64 (0,45; 0,84)	0,45 (0,35; 0,55)
Cobre	0,38 (0,35; 0,40)	0,86 (0,78; 0,93)	1,09 (0,88; 1,31)	0,95 (0,86; 1,03)
Cloreto de sódio	0,15 (0,11; 0,20)	0,57 (0,54; 0,60)	0,68 (0,64; 0,72)	0,67 (0,62; 0,72)
Rodamina B	0,13 (0,10; 0,15)	0,47 (0,44; 0,51)	0,30 (0,24; 0,36)	0,49 (0,47; 0,52)
Fungicida tebuconazole	0,26 (0,25; 0,28)	0,95 (0,87; 1,04)	1,03 (0,95; 1,11)	1,22 (1,13; 1,30)

* Intervalo de Confiança em 95% de significância

O fato de se obter depósitos significativamente maiores em lâminas de vidro em comparação aos obtidos nos demais alvos, o que implica em maior recuperação da quantidade aplicada, justifica a adoção desse alvo como padrão de superfícies hidrofílicas em experimentos envolvendo estudos com a calda de pulverização (Iost & Raetano, 2010).

Um marcador ideal para os estudos quantitativos de deposição das gotas é aquele que pode ser totalmente extraído ou recuperado no alvo, mesmo quando encontrado na forma de depósito em estado seco (Cooke & Hislop, 1993). As lâminas e placas de Petri são confeccionadas de material inerte e permitem a total extração dos corantes, recuperando o maior depósito obtido da pulverização (Figuras 10 e 11). A maioria dos trabalhos encontrados na literatura utiliza o marcador Azul Brilhante para avaliar a deposição em alvos naturais ou

em placas de Petri. Porém quando comparados os depósitos obtidos em lâmina de vidro com os alvos naturais, observa-se uma redução relativa dos depósitos que variam de 156% a 176% para plantas de capim marmelada e o feijão, respectivamente (Figuras 10 e 11).

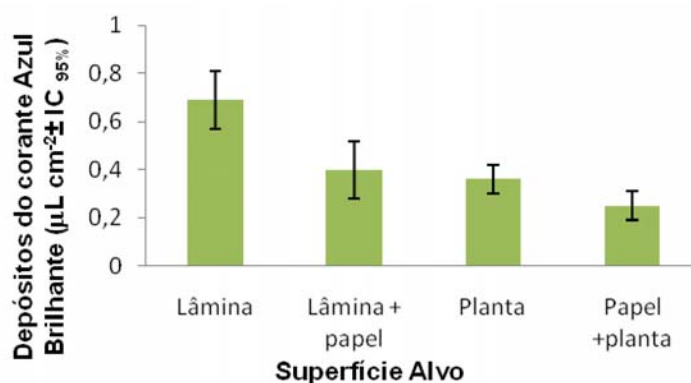


Figura 10. Depósitos do marcador corante Azul Brilhante ($\mu\text{L cm}^{-2} \pm \text{IC}_{95\%}$) obtidos no experimento utilizando feijão e diferentes alvos artificiais.

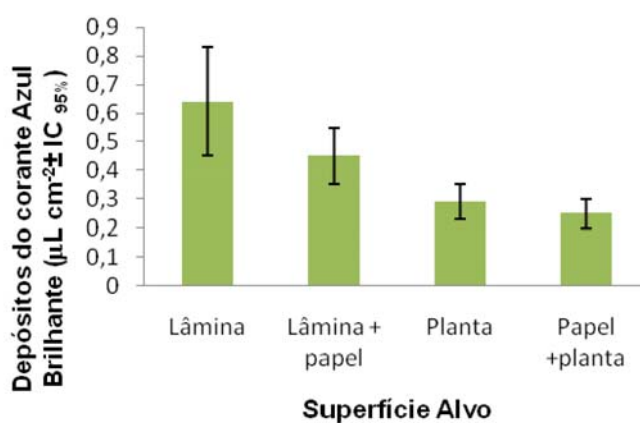


Figura 11. Depósitos do marcador corante Azul Brilhante ($\mu\text{L cm}^{-2} \pm \text{IC}_{95\%}$) obtidos no experimento utilizando capim marmelada e diferentes alvos artificiais.

Marchi et al. (2005) concluíram que o corante Azul Brilhante pode ser considerado como marcador ideal quando utilizado em materiais inertes e mantidos em campo por um

período de até 10,0 horas de exposição solar sem que ocorram perdas significativas. No entanto, os autores relatam que o corante Azul Brilhante apresenta a restrição de contato com alvos naturais íntegros de no máximo 6,0 horas para que ocorram perdas significativas por retenção nos tecidos foliares de aguapé. Já Palladini et al. (2005) mostraram que o corante Azul Brilhante se mantém estável quando depositado em folhas individuais de citros por um período de até 8,0 horas. Assim, como nesse trabalho não foi permitido que as plantas ficassem expostas ao sol, sugere-se que a menor deposição encontrada nas plantas de capim marmelada, em comparação às lâminas, se justifique devido às características morfológicas da planta e provavelmente por serem monocotiledôneas, capturando gotas menores da pulverização, as quais sofrem deriva mais facilmente (Tabela 8).

Viganó & Raetano (2007) avaliaram a deposição da pulverização para o controle do arroz vermelho na cultura do nabo forrageiro comparando diferentes tecnologias e volumes de aplicação. Os autores utilizaram a mesma concentração utilizada neste trabalho (1500 ppm) e, no volume de 100 L ha⁻¹, obtiveram deposição média da pulverização de 0,30 µL cm² em plantas de arroz vermelho, se aproximando muito do valor de depósito observado para capim marmelada (Tabela 8).

Cunha et al. (2004) avaliaram o volume de calda retido na folhagem do feijoeiro nas partes superior e inferior do dossel, utilizando bicos de pulverização de jato plano e volume de calda de 125 L ha⁻¹, resultando em uma deposição média de 0,361 µL cm² para a planta inteira de feijão, o que concorda plenamente com os dados do presente estudo. Via de regra, quando se tem maior volume de calda tem-se também maior quantidade de depósitos da pulverização no alvo, porém em campo tem-se variáveis como o vento, o que auxilia na deriva e na perda maior do produto antes de chegar no alvo.

Ao utilizar o íon cobre como marcador observa-se semelhança nos dois experimentos, sendo a lâmina lisa e a lâmina + papel filtro os melhores alvos, com deposição média de 1,09 µL cm² (Tabelas 7 e 8 e Figura 12). O papel filtro fixado em várias culturas utilizado em ensaios com esse marcador representa um método eficiente, já que apresentaram valores de depósitos próximos dos obtidos no alvo lâmina+ papel filtro, considerado excelente alvo para captura de deposição da pulverização.

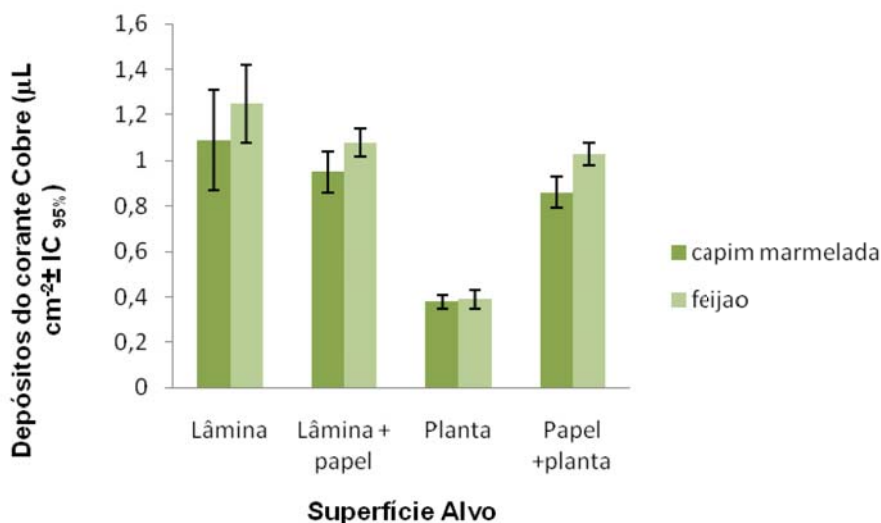


Figura 12. Depósitos de cobre ($\mu\text{L cm}^{-2} \pm \text{IC}_{95\%}$) obtidos no experimento com capim marmelada, plantas de feijão e diferentes alvos artificiais.

Segundo Prado et al. (2010) a utilização da espectrofotometria de absorção atômica permitiu obter valores médios de recuperação, para o elemento cobre superiores a 99% para os alvos em análises, considerando que esses autores utilizaram um volume de calda de 150L ha^{-1} e fixaram papéis filtro na parte superior e inferior da planta. A quantidade média de depósitos da pulverização foi de $1,66 \mu\text{L cm}^{-2}$.

O marcador cloreto de sódio apresentou o mesmo comportamento quando pulverizado sob as duas espécies-alvo, plantas de feijão e capim marmelada (Figura 13). Já a quantidade de depósito capturado entre os alvos artificiais foi semelhante, variando entre $0,52 \mu\text{L cm}^{-2}$ e $0,68 \mu\text{L cm}^{-2}$ (Tabelas 7 e 8).

Bauer e Raetano (2000) aplicaram esse sal sobre a cultura da soja com o equipamento calibrado para pulverizar 100L ha^{-1} e obtiveram depósito de $0,028 \mu\text{L cm}^{-2}$ na planta toda, apresentando-se bem inferior ao valor encontrado tanto para o feijão quanto para o capim marmelada, $0,16$ e $0,15 \mu\text{L cm}^{-2}$, respectivamente (Tabelas 7 e 8). Entretanto a concentração de íon sódio utilizada por Bauer e Raetano (2000) foi quatro vezes menor à concentração utilizada nesse estudo, de 20.000mg L^{-1} . Bauer e Raetano (2000) mantiveram as plantas de soja durante 12 horas em refrigeração até a lavagem dos folíolos, enquanto que as plantas de

feijão e capim marmelada nesse estudo foram lavadas depois de 4 horas da pulverização. Contudo essa diferença de tempo até a remoção dos depósitos não foi suficiente para reduzir os níveis de íons sódio nesses alvos, pois a diferença nos valores encontrados é explicada pela menor concentração do marcador, de $5.046,67 \text{ mg L}^{-1}$, utilizado por Bauer e Raetano (2000). Nesse caso, a concentração do íon sódio na calda, corresponde a diluição de 2% (peso/volume) de NaCl em água.

Maciel et al. (2001) avaliaram o desempenho de deposição e distribuição da calda de pulverização em condição de pós-emergência da cultura do feijoeiro e de plantas de capim-brachiaria, com o traçador NaCl, e obtiveram com volume de aplicação de 100 L ha^{-1} , depósitos médios de $1,22 \text{ } \mu\text{L cm}^{-2}$ em plantas de feijão e $0,085 \text{ } \mu\text{L cm}^{-2}$ em plantas de *Brachiaria*, as quais estavam posicionadas sob a cultura do feijoeiro.

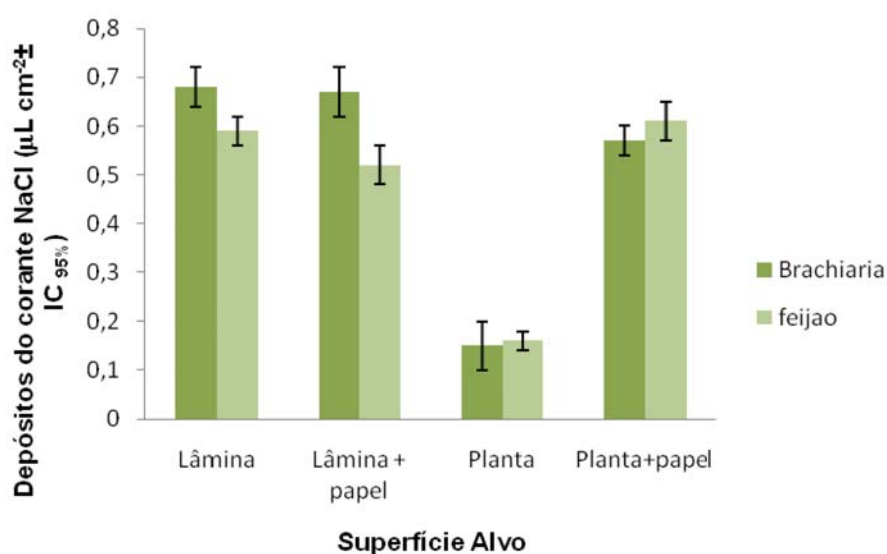


Figura 13. Depósitos de NaCl ($\mu\text{l cm}^{-2} \pm \text{IC}_{95\%}$) obtidos no experimento com capim marmelada, plantas de feijão e diferentes alvos artificiais.

No caso da Rodamina B, observa-se que os melhores alvos foram aqueles com papel mata-borrão (Figuras 14 e 15). Os papéis foram armazenados em solução de 20 ml de água deionizada e antes da leitura os mesmos foram submetidos à mesa agitadora a 200 rpm por 15

min. Esse tratamento pode ter favorecido a extração do marcador do alvo, já que a planta e a lâmina foram lavadas instantaneamente.

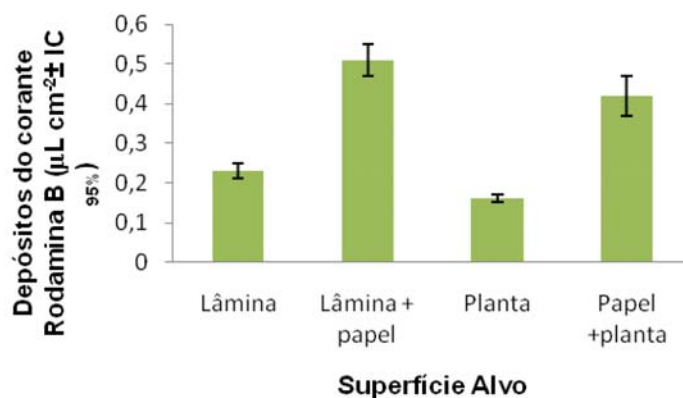


Figura 14. Depósitos de Rodamina B ($\mu\text{L cm}^{-2} \pm \text{IC}_{95\%}$) obtidos no experimento com plantas de feijão e diferentes alvos artificiais.

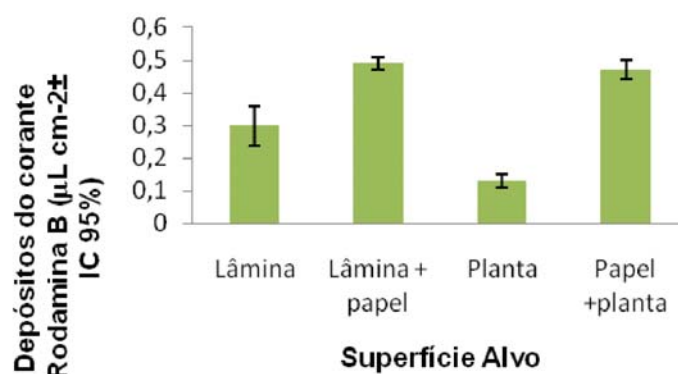


Figura 15. Depósitos de Rodamina B ($\mu\text{L cm}^{-2} \pm \text{IC}_{95\%}$) obtidos no experimento com plantas de capim marmelada e diferentes alvos artificiais.

Supondo que se extraiu da lâmina lisa menor quantidade do marcador devido ao tempo de lavagem (após 4 horas do término do experimento, as lâminas foram lavadas com água por alguns segundos e a solução colocada em vidros âmbar para posterior leitura das amostras), em teste previamente realizado em laboratório com a mesma calda utilizada na pulverização dos outros alvos, foi possível a comprovação desse fato. Menores valores dos depósitos da pulverização foram obtidos quando a lâmina foi lavada e instantaneamente retirada da solução

contendo o marcador Rodamina B. Depois de 24 horas os valores dos depósitos foram semelhantes, sendo suficiente que a lâmina fique imersa por esse tempo para a extração do marcador (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios dos depósitos da pulverização em $\mu\text{L cm}^{-2}$ do marcador Rodamina B no alvo lâmina, após permanecer 0, 24, 48 e 72 horas imersa em solução aquosa e em ambiente escuro.

Tempo de lavagem após a pulverização (tempo que a lâmina ficou imersa água em horas)	$\mu\text{L cm}^{-2}$ (IC 95% *)
0	0,24 (0,20; 0,28)
24	0,38 (0,32; 0,45)
48	0,39 (0,37; 0,40)
72	0,42 (0,41; 0,44)

* Intervalo de Confiança em 95% de significância

Ao realizar outro teste preliminar em laboratório comparando os tipos de papéis utilizados na captura do marcador rodamina B, observou-se que o papel mata-borrão captura maior quantidade do marcador (Tabela 10), provavelmente devido a sua maior gramatura, (250g/m²) em comparação àquela do papel filtro (80 g/m²).

Tabela 10. Valores médios dos depósitos da pulverização em $\mu\text{L.cm}^{-2}$ do marcador Rodamina B em papel filtro e papel mata-borrão.

Tipo de papel	$\mu\text{L.cm}^{-2}$ (IC 95% *)
Papel Mata Borrão	0,57 (0,46; 0,64)
Papel Filtro	0,40 (0,39; 0,42)

* Intervalo de Confiança em 95% de significância

Salyani e Whitney (1988) em seu experimento comparando metodologias de depósitos do marcador Rodamina B e com o marcador Cobre, obtiveram deposição máxima de Rodamina B em folhas de citros de $0,00486 \mu\text{g cm}^{-2}$ e em alvos artificiais “mylar targets” $0,00504 \mu\text{g cm}^{-2}$, enquanto que com o traçador cobre os valores variaram de $1,88 \mu\text{g cm}^{-2}$ em alvo artificial a $2,20 \mu\text{g cm}^{-2}$ na folha. Essa diferença, segundo os autores, se deve à degradação da fluorescência da Rodamina B. Obtiveram também menos fluorescência de Rodamina B nos depósitos em folhas do que nos alvos artificiais, mas essa tendência se reverteu com os depósitos de cobre, possivelmente devido às diferenças das características da superfície da folha e do alvo artificial. Os coeficientes de variação de ambos Rodamina B e Cobre foram maiores nos depósitos em folhas do que nos alvos artificiais. Essa menor variabilidade dos depósitos em alvos artificiais pode ter sido pelo melhor controle do processo nos mesmos, o qual foi mais rigoroso, feito depois das análises dos alvos naturais. A lavagem das folhas com resíduos dos depósitos pode também não ter sido suficiente, ou seja, a restrição do tempo e erros experimentais podem ter colaborado para que as folhas não fossem propriamente tratadas durante as análises. Enfim os autores concluíram que a fluorometria é simples, rápida e confiável, porém como a maioria dos corantes fluorescentes são fotossensíveis, requer maior cuidado e calibração cuidadosa do equipamento. Já por colorimetria (espectrometria) é também simples, não tão rápida e sensível quanto a fluorometria, mais barata e mais confiável pelo fato de não haver degradação do marcador, não envolvendo restrição do tempo para as análises. O uso de alvos artificiais não oferece nenhuma vantagem para a fluorometria, porém para a colorimetria minimizando o problema do residual dos depósitos de cobre nas folhas.

A metodologia para determinação do fungicida tebuconazole nos alvos se mostrou eficiente apresentando boa sensibilidade, tornando o fungicida uma ótima opção de marcador dos depósitos da pulverização em ambos experimentos (feijão e capim marmelada). A lâmina+papel destacou-se como o melhor alvo, seguido da lâmina lisa e do papel filtro na planta (Figura 16). Como as lâminas foram utilizadas no experimento para efeito de comparação, por estar posicionado em local favorável à pulverização, observa-se que o papel filtro grampeado na planta representa um ótimo alvo para captura da pulverização,

apresentando valores médios de depósitos elevados, $1,25 \mu\text{L cm}^{-2}$, podendo ser comparado somente ao marcador cobre com valor médio de depósito de $1,02 \mu\text{L cm}^{-2}$ (Tabelas 7 e 8).

A utilização de produtos fitossanitários na avaliação de depósitos da pulverização apresenta resultados bastante satisfatórios, porém o custo elevado das análises pode ser considerado um fator limitante, visto que, necessitam de reagentes apropriados, equipamentos sofisticados e de pessoas treinadas para a realização dessas análises.

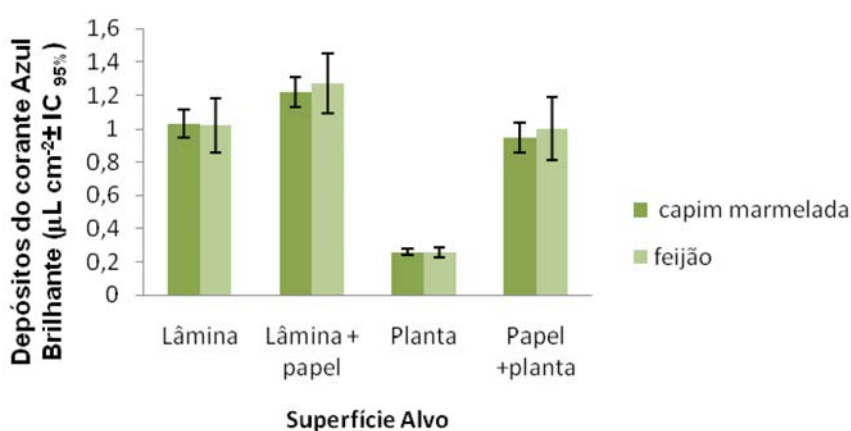


Figura 16. Depósitos de tebuconazole ($\mu\text{L.cm}^{-2} \pm \text{IC } 95\%$) obtidos no experimento com plantas de feijão, capim marmelada e diferentes alvos artificiais.

Quando se trata de usar a planta como alvo em ensaios de deposição da pulverização o marcador tebuconazole, o corante Azul Brillhante e o Cobre podem ser considerados os mais eficientes, visto que apresentaram maiores médias de depósitos da pulverização nas plantas (Tabelas 7 e 8).

Quando se utiliza papel filtro na planta alvo para estudos de deposição da pulverização e posterior extração, o fungicida tebuconazole e o íon cobre se destacaram como melhores marcadores a serem utilizados, seguidos do íon sódio, Rodamina B e Azul Brillhante, exatamente nessa ordem (Tabelas 7 e 8). Observou-se que o marcador Azul Brillhante mesmo após a tentativa de extração apresentou o papel filtro repleto de corante, com redução relativa dos depósitos em relação aos melhores tratamentos, de 284%, sendo comprovada a pouca viabilidade desse método. Sabe-se que os custos das análises de extração de produtos químicos por cromatográfica são elevados e demanda maior tempo para análise, assim a alternativa a

esse método seria utilizar os marcadores cobre, cloreto de sódio e Rodamina B nesse tipo de alvo (papel filtro).

Pergher (2001) comenta que soluções distribuídas em alvos de papel é rapidamente absorvida e tende a se espalhar sobre toda superfície do papel. Trabalhos preliminares mostraram que em um papel de 0,48 m X 0,08 m de dimensão pode reter até 2,8 ml de solução, então volumes maiores estariam espalhados para fora dessa área, não podendo ser totalmente amostrado. Assim, concluiu que esse método é confiável somente quando usado para alcançar volume de depósitos menores que 2,8 ml por coletor, ou $7,29 \mu\text{L cm}^{-2}$ (729L ha^{-1}).

A metodologia de uso do papel filtro para captura do marcador cobre utilizada pelos autores Bauer e Raetano, 2003; Christovam et al., 2010, Prado et al., 2010 pode ser validada mediante os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3 pois, considerando que o volume aplicado foi de 100 L ha^{-1} , o resíduo esperado para uma área plana de 10.000 m^2 seria de $1,00 \mu\text{L cm}^{-2}$, o método obteve depósitos médios de $0,95 \mu\text{L cm}^{-2}$, aproximando-se muito do esperado.

Houve aumento dos depósitos de íon cobre capturados no alvo artificial lâmina+ papel filtro em relação ao papel filtro aderido nas plantas-alvo (Tabelas 7 e 8). Isso se deve apenas ao posicionamento das mesmas, pois o papel quando grampeado se manteve na posição das folhas capturando menos gotas do que as lâminas perpendiculares à barra de pulverização como foi discutido anteriormente.

A lâmina de vidro pode ser considerada excelente alvo para captura dos depósitos da pulverização, visto que os marcadores são removidos mais facilmente devido às suas características físicas. Porém, a quantidade de depósito capturada no tratamento com marcador Rodamina B foi muito baixa, $0,23$ e $0,30 \mu\text{L cm}^{-2}$ para o feijão e capim marmelada, respectivamente, necessitando de atenção especial quanto à remoção do alvo, sugerindo-se a permanência das mesmas em solução extratora por um período mínimo de 24 horas para melhor extração do marcador (Tabela 9).

No geral, pesquisadores que trabalham com estudos de depósitos da pulverização têm a opção de obter os resultados em $\mu\text{L cm}^{-2}$ ou $\mu\text{L g}^{-1}$ de matéria seca. Pelas tabelas 11 e 12,

pode-se observar os resultados de ambas unidades resultantes das pulverizações nas plantas de feijão e capim marmelada.

Os tratamentos Azul Brilhante, cobre e fungicida tebuconazole apresentam médias de depósitos, na ordem de 80,04 $\mu\text{L g}^{-1}$; 91,00 $\mu\text{L g}^{-1}$; 65,23 $\mu\text{L g}^{-1}$ de matéria seca e 0,36 $\mu\text{L cm}^{-2}$; 0,39 $\mu\text{L cm}^{-2}$; 0,26 $\mu\text{L cm}^{-2}$ no experimento com plantas de feijão e 39,32 $\mu\text{L g}^{-1}$; 57,99 $\mu\text{L g}^{-1}$; 59,41 $\mu\text{L g}^{-1}$ de matéria seca e 0,29 $\mu\text{L cm}^{-2}$; 0,38 $\mu\text{L cm}^{-2}$; 0,26 $\mu\text{L cm}^{-2}$ no experimento com plantas de capim marmelada (Tabelas 11 e 12). Pode-se constatar que a escolha da unidade de medida dos depósitos fica a critério do pesquisador, pois percebe-se claramente a semelhança nos resultados apresentados.

Tabela 11. Valores médios dos depósitos em $\mu\text{L cm}^{-2}$ e em $\mu\text{L g}^{-1}$ de matéria seca da planta de Feijão.

Tratamento	$\mu\text{L g}^{-1}$ MS (IC 95% *)	$\mu\text{L cm}^{-2}$ (IC 95% *)
Azul Brilhante	80,04 (68,94; 91,14)	0,36 (0,30; 0,41)
Cobre	91,00 (80,58; 101,49)	0,39 (0,35; 0,43)
Cloreto de sódio	42,11 (36,46; 47,76)	0,16 (0,14; 0,18)
Rodamina B	38,66 (34,03; 43,29)	0,16 (0,14; 0,17)
Fungicida tebuconazole	65,23 (58,34; 72,12)	0,26 (0,23; 0,29)

* Intervalo de Confiança em 95% de significância

Tabela 12. Valores médios dos depósitos em $\mu\text{L cm}^{-2}$ e em $\mu\text{L g}^{-1}$ de matéria seca da planta de capim marmelada.

Tratamento	$\mu\text{L g}^{-1}$ MS (IC 95% *)	$\mu\text{L cm}^{-2}$ (IC 95% *)
Azul Brilhante	39,32 (32,79; 45,85)	0,29 (0,23; 0,35)
Cobre	57,99 (52,83; 63,14)	0,38 (0,35; 0,40)
Cloreto de sódio	14,34 (13,07; 15,61)	0,15 (0,11; 0,20)
Rodamina B	17,81 (14,31; 21,31)	0,13 (0,10; 0,15)
Fungicida tebuconazole	59,41 (44,86; 73,96)	0,26 (0,25; 0,28)

* Intervalo de Confiança em 95% de significância

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de marcadores nas avaliações quantitativas e qualitativas das pulverizações constitui alternativa viável e econômica nos estudos de tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários. No entanto, a seleção do método é fundamental para obtenção de resultados confiáveis. Características intrínsecas das substâncias químicas e intensidade de ação dos fatores ambientais podem interferir na degradação dos produtos utilizados como marcadores e, conseqüentemente, diminuindo os valores dos depósitos originais.

Apesar de alvos artificiais não representarem os alvos naturais, especialmente no que diz respeito às características morfológicas de superfície, os resultados dos depósitos são mais representativos. Nesse estudo, independente do marcador utilizado, os alvos artificiais foram visivelmente melhores em comparação aos alvos naturais apresentando valores de depósitos mais próximos em relação à quantidade do produto aplicado.

O custo unitário das análises em laboratório privado credenciado e licenciado pelo Governo no Brasil para os marcadores Azul Brillhante, Rodamina B e o fungicida tebuconazole é de R\$350,00 por amostra, e para a quantificação dos íons cobre e sódio é de R\$120,00. Pode-se inferir que a cromatografia, considerada como o melhor método para quantificar os depósitos da pulverização é considerada uma análise de custo alto. Aliado a isto, o custo do equipamento e da manutenção e a necessidade de técnicos capacitados, torna-se de

uso restrito. Contudo, apresenta os maiores valores de depósitos na maioria dos resultados, sendo altamente confiável e representativa.

O método de análise quantitativa dos depósitos da pulverização com o marcador cobre é o único que pode substituir a cromatografia, apresentando-se mais viável economicamente. Assim, a seleção de um método de análise é dependente da interação entre alvo e substância marcadora, do ambiente e dos objetivos propostos no estudo.

6 CONCLUSÕES

A seleção e confiabilidade do método de análise quantitativa dos depósitos da pulverização depende da natureza do alvo, substância marcadora, interação marcador-alvo e do objetivo proposto;

Análises quantitativas dos depósitos da pulverização são mais representativas em alvos artificiais, exceto para o marcador Azul Brilhante onde a extração do marcador no papel filtro foi inferior ao limite mínimo (80%) estabelecido pela ANVISA para validação do método analítico;

Os marcadores íon cobre e o próprio produto fitossanitário mostraram-se mais adequados em estudos de avaliação quantitativas da pulverização comparativamente aos marcadores Azul Brilhante, íon sódio e Rodamina B, independente do custo de análise.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução n. 475, de 19 de março de 2002. Guia para Validação de Métodos Analíticos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 mar. 2002. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/475_02re.htm>. Acesso em: 13 maio 2011.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7. ed. São Paulo: Andrei, 2005. 1138 p.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Aplicação aérea de tebuconazole + benzimidazol para o controle da ferrugem asiática da soja. **Documentos Embrapa Soja**, Londrina, v. 287, p. 77-79, 2007.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 145-184.

BARCELÓ, D. Environmental Protection Agency and other method for the determination of priority pesticides and their transformation products in water. **Journal Chromatography A**, Amsterdam, v. 643, n. 1-2, p. 117-143, 1993.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Air-assisted boom sprayer in spray deposition on bean plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 211-215, 2003.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar e perdas na deposição de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, 2000.

BRIAND, O. et al. Comparison of different sampling techniques for the evaluation of pesticide spray drift in apple orchards. **The Science of the Total Environment**, Paris, v. 288, p. 199-213, 2002.

BYERS, R. E. et al. Effect of apple tree size and canopy density on spray chemical deposit. **Hortscience**, Alexandria, v. 19, n. 1, p. 93-94, 1984.

CARLTON, J. B.; BOUSE, L. F. Exploring aerial spray sampling with a cylindrical collector. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 31, n. 4, p. 990-997, 1988.

CHAIM, A. et al. Método para monitorar a contaminação de aplicadores de pesticidas na cultura do tomate. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 149-158, 2001.

CHAIM, A. et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 741-747, maio 1999.

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L. Eficiência de deposição de agrotóxicos obtida com bocal eletrostático para pulverizador costal motorizado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 497-501, 2002.

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L. Eficiência de deposição de pulverização em videira, comparando bicos e pulverizadores. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 14, p. 41-46, 2004.

CHRISTOVAM, R. S. et al. Effect of nozzle angle and air-jet parameters in air assisted sprayer on biological effect of soybean asian rust chemical protection. **Journal of Plant Protection Research**, Poland, v. 50, n. 3, p. 347-353, 2010.

COATES, W.; PALUMBO, J. Deposition, off-target movement and efficacy of Capture and Thiodam applied to cantaloupes using five sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 13, n. 2, p. 181-188, 1997.

COOKE, B. K.; HISLOP, E. C. Spray tracing techniques. In: MATHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection**. Trowbridge: CAB Internacional, 1993. p. 85-100.

COSTA, E. A. D. **Efeitos de surfactantes sobre a tensão superficial de soluções de rodeo**. 1997. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

COSTA, N. V. et al. Deposição de gotas de pulverização e pH foliar em plantas daninhas aquáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

CROSS, V. et al. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: **Crop Protection**, Surrey, v. 20, p. 13-30, 2001.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 133-138, 2005.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Uniformidade de distribuição de líquido por bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 12, n. 3, p. 192-202, jul./set. 2004.

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.

EPPLE, J. et al. Input of pesticides by atmospheric deposition. **Geoderma**, Amsterdam, v. 105, p. 327-349, 2002.

FERRACINI, V. L.; CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y. Utilização da Rodamina B como traçador na avaliação de deposição de agrotóxicos. In: CONGRESO VIRTUAL IBEROAMERICANO SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD EN LABORATORIOS, 2., Valladolid, 2004. **Libro de comunicaciones...** Valladolid: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 2004. p. 467-472.

FERREIRA, M. C. et al. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

FONTOURA, J. A. S.; NIENCHESKI, L. F. H. Metodologia para utilização do traçador fluorescente 'rodamina b' no estudo da dispersão superficial, adaptada para aplicação no Estuário da Lagoa dos Patos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 105-116, 2003.

FOX, R. D. et al. Airborne spray collection efficiency of nylon screens. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 20, n. 2, p. 147-152, 2004.

FOX, R. D. et al. Downwind residue from air spraying of a dwarf apple orchard. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 33, n. 4, p. 1104-1108, 1990.

GANDOLFO, M. A. et al. Influência da técnica de aplicação, do tipo de ponta e do uso de adjuvantes no depósito sobre solo coberto e descoberto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Trabalhos completos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 3548-3552.

GUPTA, C. P.; DUC, T. X. Deposition studies of a hand-held airassisted electrostatic sprayer. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 39, n. 5, p. 1633-1639, 1996.

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.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 3, p. 280-288, 1990

HOLLOWAY, P. J. Surface factors affecting the wetting of leaves. **Pesticide Science**, Oxford, v. 1, n. 1, p. 56-63, 1970.

HUITINK, G.; WALKER, J. T.; LAVY, T. L. Downwind deposition of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide (2,4-D) in invert emulsion. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 33, n. 4, p. 1051-1056, 1990.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 670-680, 2010.

KUMAR, Y. **Pesticides in ambient air in Alberta**. Alberta: Science and Standard Division, Alberta Environment, 2001. 30 p.

LILJEDAHL, L. A.; STRAIT, J. Spray deposits measured rapidly. **Agricultural Engineering**, Saint Joseph, v. 40, n. 6, p. 332-335, 1959.

MACIEL, C. D. G. et al. Deposition and distribution of spraying solution on *Phaseolus vulgaris* and *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 103-110, 2001

MAJEWSKI, M. S. et al. Airborne pesticide residues along the Mississippi River. **Environmental Science and Technology**, Washington, DC, v. 32, p. 3689-3698, 1998.

MARCHI, S. R. et al. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes Azul Brillhante FCD-1 e Amarelo Tartrasina FCD-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

MARQUES, M. N. **Avaliação de impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Agupé, São Paulo**: uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de potabilidade. 2005. 218 f. Tese (Doutorado em Ciências/Tecnologia Nuclear)-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MASKI, D. Influence of system, operational and target parameters on charged spray deposition. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2004, Ottawa. **Papers...** Ottawa: ASAE; CSAE, 2004. p. 1-13. Paper number 041004.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. London: Blackwell, 2000. 448 p.

MATUO, T. et al. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, 1., 1985, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, FCAV, 1987. 200 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

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.

MENDONÇA, C. G. et al. Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial e área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 355-366, 2000.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection**. Trowbridge: CAB International, 1993. p. 101-122.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Surrey, v. 19, p. 609-615, 2000.

MORACCI, L. F. S. **Resíduos de agrotóxicos em lodo de estação de tratamento de água: validação de metodologia analítica utilizando cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em Tandem (LC-MS/MS)**. 2008. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Tecnologia Nuclear)-Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

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.

NEGRISOLI, E. et al. Depósitos unitários de calda de pulverização com e sem surfatante em plantas de *Salvinia molesta*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, p. 51-56, 2002. Edição especial.

NOGUEIRA, H. C. **Avaliação da uniformidade de deposição e perdas de calda na utilização de um pulverizador desenvolvido para aplicação de herbicidas em ferrovias**. 1996. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

OLIVEIRA, A. P. et al. Avaliação do método das adições de analito para a determinação de sódio em álcool combustível por espectrometria de emissão atômica em chama. **Ecletica Química**, São Paulo, v. 27, p. 285-291, 2002.

OLIVEIRA, R. L. et al. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Revista Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2009.

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

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, out. 2005.

PARKIN, C. S.; MERRITT, C. R. The measurement and prediction of spray drift. **Aspects of Applied Biology**, Oxford, v. 17, p. 351-361, 1988.

PAYNE, N. J.; THOMPSON, D. G. Off target glyphosate deposits from aerial silvicultural applications under various meteorological conditions. **Pesticides Science**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 53-59, 1992.

PÉREZ-RUIZ, T. et al. High - performance liquid chromatographic assay of phosphate and organophosphorus pesticides using a post-column photochemical reaction and fluorimetric detection. **Analítica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 540, p. 383-391, 2005.

PERGHER, G. Recovery rate of tracer dyes used for spray deposit assessment. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 44, p. 787-794, 2001.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, Surrey, v. 16, n. 1, p. 25-33, 1997.

PICOT, J. J. C. et al. Measurements of folial and ground deposits in forestry aerial spraying. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph v. 36, n. 4, p. 1013-1024, 1993.

PIZZUTTI, I. R. et al. Method validation for the analysis of 169 pesticides in soya grain, without clean up, by liquid chromatography-tandem mass spectrometry using positive and negative electrospray ionization. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1142, p. 123-136, 2007.

PRADO, E. P. et al. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathology**, Botucatu, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010.

PROCÓPIO, S. O. et al. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil III: *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*l. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 1-9, 2003.

QUANTICK, H. R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. London: Collins, 1985. 427 p.

RAETANO, C. G. **Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros**. 1996. 93 p. Tese (Doutorado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

RODRIGUES, A. C. P. et al. Variáveis qualitativas da pulverização em feijão, *Bidens pilosa* E *Brachiaria plantaginea* **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 698-707, maio/jun. 2010.

SALYANI, M.; CROMWELL, R. P. Spray drift from ground and aerial applications. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 35, n. 4, p. 1113-1129, 1992.

SALYANI, M.; WHITNEY, J. D. Effect of oscillators on deposition characteristics of an airblast sprayer. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 34, n. 4, p. 1618-1622, 1991.

SALYANI, M.; WHITNEY, J. D. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 31, n. 2, p. 390-395, 1988.

SAMU, F. et al. Spider webs are efficient collectors of agrochemical spray. **Pesticide**, Oxford, v. 36, p. 47-51, 1992.

SANUSI, A. et al. Comparison of atmospheric pesticide concentrations measured at three sampling sites: local, regional and longrange transport. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 263, p. 263-277, 2000.

SASSAKI, R. A. **Distribuição de tempos de residência em sistemas alimentados com vazão variável**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SCHOLTZ, M. T. et al. A pesticide emission model (PEM) part II: model evaluation. **Atmospheric Environment**, Elmsford, v. 36, p. 5015-5024, 2002.

SCRAMIN, S. et al. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 43-50, 2002.

SEMMES, R. H.; CROMWELL, R. P.; SHOUP, W. D. Downwind transport of aerially applied sprays under high temperature, high humidity conditions. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 6, n. 3, p. 257-261, 1990.

SERRA, M. E.; CHAIM, A.; RAETANO, C. G. Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 4, p.479-485, 2008.

SIEBERS, J.; BINNER, R.; WITTICH, K. P. Investigation on downwind short-range transport of pesticides after application in agricultural crops. **Chemosphere**, Netherlands, v. 51, p. 397-407, 2003.

SILVA, J. R. V.; MARTINS, D.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em dois estágios de desenvolvimento de plantas de *Typha subulata*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

SIPIN, M. F.; GUAZZOTTI, S. A.; PRATHER, K. A. Recent advances and some remaining challenges in analytical chemistry of the atmosphere. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 75, p. 2929-2940, 2003.

SMELT, J. H.; SMIDT, R. A.; HUIJSMANS, J. F. M. Comparison of spray deposition on apple leaves of captan and the dye brilliant sulfoflavine. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES TECHNIQUES D'APPLICATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES, 2., 1993, Strasbourg. **Annales...** Strasbourg: British Crop Protection Council, 1993. p. 191-197.

SMITH, D. B.; BURT, E. C. Effects of the size of ULV droplets on deposits within cotton foliage both inside and immediately downwind from a treated swath. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 63, n. 5, p. 1400-140, 1970.

SOUZA, R. T.; MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Avaliação dos depósitos unitários de calda de pulverização em plantas daninhas da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 473.

SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.

STANILAND, L. N. Fluorescent tracer techniques for the study of spray and dust deposits. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 4, p. 100-125, 1959.

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. Saint Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (Paper n. 99-1156).

TERRA, M. A. et al. Efeito de diferentes concentrações de Aterbane na deposição de calda em plantas de alface d'água (*Pistia stratiotes*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

TOFOLI, G. R. **Efeito do tamanho do alvo e condições operacionais sobre a uniformidade de deposição de pulverizações em pré-emergência**. 2001. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TOMAZELA, M. S. et al. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de *Brachiaria plantaginea*, do volume e do ângulo de aplicação. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 183-189, 2006.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980. 374 p.

UNITED STATE. Environmental Protection Agency. **The risk assessment guidelines of 1986**. Washington, DC, 1987. EPA/600/8-87/045.

VELINI, E. D. et al. Utilização da condutividade elétrica para avaliação do depósito da calda de pulverização em alvos ou folhas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. p. 427-429.

VIGANÓ, L. L. S.; RAETANO, C. G. Assistência de ar e volumes de aplicação na deposição de calda e no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 734-741, 2007.

VISCHETTI, C. et al. Measures to reduce pesticide spray drift in a small aquatic ecosystem in vineyard estate. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 288, p. 497-502, 2008.

WARE, G. W. et al. Pesticide drift I: high clearance vs. aerial application of sprays. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 62, n. 4, p. 840-843, 1969a.

WARE, G. W. et al. 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. et al. 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. et al. 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.

WATANABE, T. Determination of the concentration of pesticides in atmosphere at high altitudes after aerial application. **Bulletin Environmental Contamination Toxicology**, New York, v. 60, p. 669-676, 1998.

WHITNEY, J. D. et al. 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.

WIRTH, W.; STORP, S.; JACOBSEN, W. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. **Pesticide Science**, Oxford, v. 33, p. 411-420, 1991.

WITTICH, K. P.; SIEBERS, J. Aerial short-range dispersion of volatilised pesticides from an area source. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 46, p. 126-135, 2002.

WOLF, R. E.; FROHBERG, D. D. **Comparison of drift for four driftreducing flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and evaluated using droplet scan software**. Saint Joseph: ASAE, 2002. 7 p.

WOMAC, A. R. et al. **Sampling airborne pesticide residues by phase partition**. Saint Joseph: ASAE, 1994. Paper n. 94-1504.

YATES, W. E.; AKESSON, N. B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analysis. **Transactions of ASAE**, Saint Joseph, v. 6, n. 2, p. 105-114, 1963.

ZHU, H. et al. Collection efficiency of spray droplets on vertical targets. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 39, n. 2, p. 415-422 1996.