



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ALEXANDRE BALLAROTTI NASCIMENTO

**PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS EM PULVERIZAÇÃO
AGRÍCOLA:
DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA**

ALEXANDRE BALLAROTTI NASCIMENTO

**PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS EM PULVERIZAÇÃO
AGRÍCOLA:
DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri

Londrina
2011

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

N244p Nascimento, Alexandre Ballarotti.
Papéis hidrossensíveis em pulverização agrícola : determinação do tamanho da amostra /Alexandre Ballarotti Nascimento.Londrina, 2011.
46 f. : il.

Orientador: Marcelo Giovanetti Canteri.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2011.
Inclui bibliografia.

1. Tecnologia de aplicação – Teses. 2. Defensivos vegetais – Tecnologia de aplicação – Teses. 3. Pulverização – Teses. 4. Equipamento de pulverização – Teses. I. Canteri, Marcelo Giovanetti. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 632.982

ALEXANDRE BALLAROTTI NASCIMENTO

**PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS EM PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA:
DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador. Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof^a. Dr^a. Inês Cristina de Batista Fonseca
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo
Universidade Estadual do Norte do Paraná –
UNOPAR

Londrina, 26 de abril de 2011.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o corpo docente do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina pela realização deste curso de pós-graduação.

Aos colegas Gustavo Migliorini de Oliveira e Rafael Balan, pela contribuição na realização desse trabalho.

Ao professor Marcelo Canteri pela oportunidade e aprendizado.

À professora Inês Fonseca pela amizade e contribuição no trabalho.

Ao professor e amigo Otávio Abi Saab, pelo convite para ingresso no curso e imensa contribuição na realização deste trabalho.

À minha esposa Vanessa e Lara, minha filha, por serem o meu norte, minha vida.

À Deus, pela saúde e recuperação em momentos difíceis durante este curso, pela disposição para o trabalho e busca de novos conhecimentos.

NASCIMENTO, Alexandre Ballarotti. **PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS EM PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA: DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA.** 2011. 46f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

O sucesso da aplicação depende do momento biológico de controle, eficácia do produto e colocação deste sobre o alvo objetivado. Assim, estudos ligados a tecnologia de aplicação vem sendo cada vez mais desenvolvidos, e neste âmbito está o uso de papéis hidrossensíveis como metodologia para a verificação da qualidade da aplicação. Parâmetros como cobertura, número de gotas por área e diâmetro mediano volumétrico podem ser indicados por tais papéis quando avaliados por softwares específicos. No entanto, desconhece-se a variabilidade da deposição das gotas, bem como o número mínimo de papéis hidrossensíveis necessários em experimentações do gênero. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o número mínimo de papéis hidrossensíveis à serem amostrados em experimentações, tendo como base as variáveis: porcentagem de cobertura, número de gotas por cm² e diâmetro mediano volumétrico (DMV). Foram realizadas aplicações sobre papéis hidrossensíveis, em ambiente fechado, na forma de um experimento fatorial 2 x 2 com 5 repetições contendo cada uma 36 papéis hidrossensíveis, a fim de determinar o número mínimo de papéis hidrossensíveis que devem ser amostrados. Os fatores envolvidos foram duas pontas de pulverização (TR110-01 e ULD-120-015) e duas pressões de trabalho (138 e 276 kPa), comparados posteriormente através da análise de variância seguido do teste Tukey à 5% de probabilidade para média de 36 papéis hidrossensíveis, bem como para a média do número mínimo de papéis (amostras) determinado. O número mínimo de papéis hidrossensíveis a serem amostrados neste tipo de estudo depende do erro amostral que se assume, aumentando gradativamente conforme se reduz o erro amostral. Assim neste trabalho assumiram-se erros de 20%, 15% e 10%, gerando conseqüentemente números de amostras de: 7, 12 e 26, respectivamente, para porcentagem de cobertura; 5, 8 e 16, respectivamente, para número de gotas por cm²; e 1,2 e 4, respectivamente, para diâmetro mediano volumétrico (DMV). Comparando-se estatisticamente as médias obtidas no experimento em cada variável para n=36 amostras e n=amostras determinadas à 20% de erro, nota-se que os resultados obtidos são idênticos em ambas as situações, demonstrando que taxas de aplicações, bem como tamanhos de gotas diferentes influenciam nos níveis de cobertura, número de gotas por cm² e DMV encontrados sobre os papéis hidrossensíveis. Assim pode-se concluir que tais papéis podem ser utilizados de forma satisfatória em experimentos de tecnologia de aplicação, em virtude das variáveis que possam ser mensuradas, como também pela sua aplicabilidade quanto ao número de amostras requeridas.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Papéis hidrossensíveis. Cobertura. Pontas de pulverização.

NASCIMENTO, Alexandre Ballarotti. **WATER-SENSITIVE PAPER FOR AGRICULTURAL SPRAYING: DETERMINATION OF THE NUMBER OF SAMPLES.** 2011. 46p. Master's dissertation – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

The success of the spray application depends on the biological timing of control, pesticide efficiency and the placement of the product on the target objectified. Thus, studies related to spray technology are being increasingly developed, and in this context is the use of water-sensitive papers, a methodology for checking the quality of the sprays. Parameters such as percentage of coverage, number of drops per cm² and volume median diameter (VMD) may be indicated by these water-sensitive papers when specific software are used in this purpose. However, it is unknown the variability of the deposition of droplets, as well as the minimum number of papers (samples) needed in this genre of experiments. Therefore the aim of this study was to determine the minimum quantity of water-sensitive papers (samples) in spray experiments, based on the variables: percentage of coverage, number of drops per cm² and volume median diameter (VMD). It was conducted spray applications on water-sensitive papers, in indoor ambient, at the form of a 2 x 2 factorial experiment with five replicates, each containing 36 papers, in order to determine the minimum number of water-sensitive papers that must be sampled. The factors involved were two nozzles (TR110-01 and ULD120-015) and two operational pressures (138 and 276 kPa), compared subsequently by analysis of variance followed by Tukey test at 5% probability for the average of 36 papers and the average of the minimum number of papers (samples) determined. The minimum number of water-sensitive papers to be sampled in this type of study depends of the samples error that is assumed, increasing gradually according it reduces the samples error. So in this study were assumed errors of 20%, 15% and 10%, getting consequently numbers of samples of: 7, 12 and 26, respectively, for percentage of coverage; 5, 8 and 16, respectively, for number of drops per cm²; and 1.2 and 4 respectively, for volume median diameter (VMD). Comparing statically the averages obtained in the experiment for each variable for n=36 samples and n= samples determined at 20% error, noted that the results are identical in both situations, demonstrating that spray rates (L.ha⁻¹) and different droplet sizes influenced in the levels of coverage, number of drops per cm² and VMD founded on the papers. Thus we can conclude that these water-sensitive papers can be satisfactorily used in experiments of spray technology, because of the variables that can be measured, as well as its applicability of the number of required samples.

Key-words: Spray technology. Water-sensitive papers. Coverage. Spray nozzles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Formação de gotas através de ponta de pulverização.....	13
Figura 2 – Classes de tamanho de gotas em escala de cores determinada pela ASABE.....	15
Figura 3 – Gabarito de área para contagem manual de gotas	19
Figura 4 – Papéis hidrossensíveis expostos à gotas de diferentes tamanhos.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontas utilizadas pela ASABE para determinação do padrão S-572	15
Tabela 2 – Numero de gotas necessárias por centímetro quadrado (cm ²).....	21
Tabela 3 – Pontas de pulverização; classe de tamanho de gotas	33
Tabela 4 – Média, coeficiente de variação (CV%) e números de amostras requeridas	35
Tabela 5 – Cobertura porcentual das pontas de pulverização TR110-01 e ULD-120-015	36
Tabela 6 – Média, coeficiente de variação (CV%) e números de amostras requeridas (n) para 20%, 15%, e 10% de margem de erro	37
Tabela 7 – Número de gotas por área entre as pontas de pulverização TR110-01 e ULD-120-015, sob diferentes pressões de trabalho	38
Tabela 8 – Média, coeficiente de variação (CV%) e números de amostras requeridas (n) para 20%, 15%, e 10% de margem de erro quanto ao diâmetro mediano volumétrico (DMV)	39
Tabela 9 – Diâmetro mediano volumétrico (DMV) entre as pontas de pulverização (TR110-01 e ULD-120-015) sob diferentes pressões de trabalho (20 psi e 40 psi).....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
	2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	11
	2.2 MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS	12
	2.3 FORMAÇÃO E TAMANHO DE GOTAS	12
	2.4 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	16
	2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS VIA PULVERIZAÇÃO	17
	2.6 PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS	18
	2.6.1 Tamanho de gotas necessário e cobertura	21
	2.6.2 Métodos de análise de papéis sensíveis	21
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
3	ARTIGO – PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS EM PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA: DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS NECESSÁRIAS	27
	3.1 INTRODUÇÃO	29
	3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	31
	3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
	3.4 CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são os maiores obstáculos da produção agrícola, causando prejuízos estimados em US\$ 95 bilhões por ano, de acordo com relatório da FAO (2009), apresentando tendência de crescimento devido aos casos de plantas resistentes a herbicidas. As doenças de plantas estão em segundo lugar, com prejuízos estimados em US\$85 bilhões, influenciado principalmente pela ocorrência epidêmica de novas doenças em locais até então não atingidos. Danos causados por insetos vêm logo em seguida, com perdas estimadas em US\$46 bilhões, porém não tem ocorrido aumento significativo dos danos causados por estes agentes, devido principalmente a utilização culturas transgênicas resistentes a tais pragas.

Tendo como base esse cenário do sistema produtivo, o uso de produtos fitossanitários tem sido um dos principais métodos de controle de tais agentes nocivos às culturas em geral, sendo a maior parte destes produtos aplicados por via líquida. Entretanto, o sucesso do controle químico depende da interação de vários fatores como momento biológico de controle, eficácia do produto fitossanitário e a sua respectiva colocação no alvo.

A aplicação fitossanitária via líquida consiste na colocação das gotas pulverizadas sobre o alvo objetivado. Porém, tal processo é conhecido pela sua baixa eficiência, por não se conseguir atingir o alvo de forma uniforme e constante, resultando assim em controle inadequado, desperdício de produtos fitossanitários e contaminação ambiental.

Um dos principais fatores envolvidos neste âmbito são as condições climáticas no momento da operação de aplicação, principalmente temperatura, seguida pela umidade relativa do ar e velocidade do vento respectivamente, que promovem a evaporação das gotas antes mesmo de atingirem o alvo e atransportam para fora deste, ocasionando o fenômeno conhecido como deriva da aplicação.

Outro fator preponderante é arquitetura do alvo, neste caso as folhas das culturas, que podem variar quanto ao: índice de área foliar (IAF), angulação, anatomia (espessura da cutícula - inerente a absorção), entre outros.

Portanto, a tecnologia de aplicação tem ganhado importância nas últimas décadas, devido à problemas ambientais pela contaminação de agroquímicos e a necessidade de aumento de eficiência no processo como um todo, devido ao alto custo dos produtos fitossanitários.

Atualmente existem muitos pontos que podem ser manejados quando se pensa na realização de uma aplicação via líquida, como por exemplo, a taxa de aplicação ($L \cdot ha^{-1}$), tamanho de gotas pulverizadas, uso de assistência de ar e eletrificação das gotas, uso de adjuvantes na calda de aplicação, entre outros. Em tais aplicações, o padrão de distribuição e a uniformidade de cobertura das gotas sobre o alvo são diretamente relacionados com a eficiência da pulverização e eficácia no controle.

Existem diversos métodos de avaliação da eficiência da aplicação, que simulam alvos e coletam as gotas aplicadas. Uma formas mais comuns desse procedimento é a utilização de papel hidrossensível, que indica a quantidade e qualidade das gotas depositadas sobre o mesmo, podendo ser uma indicação relativamente precisa e barata da qualidade de aplicação.

Porém, pouco se sabe sobre a variabilidade da deposição de tais gotas em experimentos ligados à tecnologia de aplicação, bem como qual seria a quantidade ideal ou mínima de papéis hidrossensíveis a serem amostrados em tais experimentações.

O objetivo deste trabalho é determinar o número mínimo de papéis hidrossensíveis por área a serem amostrados em um experimento envolvendo pontas de pulverização, tendo como base as variáveis: cobertura porcentual, cobertura numérica e diâmetro mediano volumétrico (DMV).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O tratamento fitossanitário objetiva manter a sanidade vegetal da melhor forma possível, para que a planta possa expressar o seu máximo potencial produtivo. Utilizando-se o controle químico, segundo Vasquez (2004), busca-se produtos com características como maior seletividade, maior eficácia em menores doses, de mínimos impacto ambiental e de preferência de origem biológica, porém sem renunciar ao uso de novas moléculas. A forma de aplicação desses produtos possui importância fundamental para obtenção de sucesso da operação.

2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia de aplicação de defensivos é descrita por Matuo (1990) como emprego dos conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de áreas não alvo.

A tecnologia de aplicação é composta por três fatores básicos: o produto, que tem que ser o mais adequado e específico para a praga a ser controlada; o momento da aplicação que deve ser o qual a praga esteja mais exposta e mais sensível à ação do produto; e a máquina, que é aquela que produz a aplicação mais adequada, distribuindo melhor o produto sobre a área ser protegida (CHRISTOFOLLETTI,1992). Entretanto, existem muitas variáveis que interferem no bom andamento dessa operação, constatando-se que a quantidade de produto que realmente atinge o alvo é muito menor que a quantidade de produto aplicado (GRAHAM-BRYCE, 1977). Por tal razão, desenvolveram-se vários estudos e técnicas de avaliação da aplicação, para verificar se as mesmas atingem os objetivos descritos e desejados. O produto lançado que não atinge o alvo, além de causar prejuízo financeiro direto pelo seu custo e não controle da praga, ainda promove contaminação ambiental e danos por deriva em cultivos vizinhos, pessoas, animais e meio ambiente em geral.

2.2 MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Os produtos fitossanitários podem ser aplicados por forma gasosa, sólida ou líquida. Na forma gasosa, aplicam-se principalmente produtos para controle de pragas em silos. É uma forma de aplicação bastante restrita pela natureza da operação. Na forma sólida, existem os produtos aplicados na forma de pó e grânulos. Bastante comuns no passado, encontram-se quase em total desuso, devido a fatores como deriva e toxicidade pela facilidade de aspiração das partículas finas (CHISTOFOLETTI, 1992). A aplicação de produtos fitossanitários por via líquida é a mais comum e eficaz na operação de aplicação. Os produtos fitossanitários, diluídos normalmente em água, são transportados até o alvo através de rega, injeção, molha através de pincelamento ou pulverização. A pulverização é a mais comum destas, e é também dividida em aplicação com bicos hidráulicos, pneumáticos, termonebulizadores e por discos centrífugos (VASQUEZ, 2004),

2.3 FORMAÇÃO E TAMANHO DE GOTAS

Nos bicos hidráulicos, a forma de pulverização mais comum, o processo de formação de gotas se inicia pela saída do líquido sob pressão pela ponta de pulverização. A energia potencial do líquido, associada com o desenho da ponta e geometria do orifício faz o líquido emergir em pequenos ligamentos. Esses ligamentos posteriormente quebram-se em pequenas peças, que são chamadas de gotas, gotículas ou partículas líquidas (SCHICK, 1997), como pode ser visto na Figura 01.



Figura 01: Formação de gotas através de ponta de pulverização

Fonte: Oxford Lasers

As pontas hidráulicas produzem um espectro de gotas de diferentes tamanhos e com diferentes velocidades (LEFEBVRE, 1989). O tamanho de gotas produzido e a informação sobre eles são de fundamental importância na efetividade da operação de aplicação (SCHICK, 1997).

O tamanho de gotas é medido em micron (milésima parte do milímetro), e para que a compreensão do tamanho fosse entendida de forma padrão, foi estabelecido pela ASTM (American Society for Testing and Materials), o padrão chamado DMV, diâmetro mediano volumétrico, também conhecido como DV0,5. O DMV é tamanho de gota que divide o volume em duas partes iguais, sendo que metade do volume é formada por gotas de tamanho inferior e a outra metade por gotas de tamanho superior ao DMV encontrado

Entretanto, em face da dimensão do espectro de gotas produzidas e pela variação na uniformidade dos mesmos, faz-se necessário o uso dos: DV0,1, que indica o tamanho de gota no qual 10% das gotas produzidas em volume são menores que aquele tamanho e consequentemente 90% maiores; e o DV0,9, no qual 90% são menores que esse tamanho e 10% maiores.

Conhecendo esses números, encontra-se um índice de uniformidade das gotas produzidas por determinada ponta, denominado amplitude relativa (AR) ou span, através da seguinte equação:

$$\text{Amplitude Relativa} = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}}$$

A amplitude relativa indica a uniformidade das gotas produzidas por determinada ponta em determinada pressão.

A determinação do tamanho de gotas é feito com o uso de equipamentos sofisticados e complexos, conforme descrito por Schick (1997), por exemplo:

- Análise óptica de imagem: Utiliza-se uma fonte de luz, uma câmera de vídeo e um computador. A imagem estática de um espectro pulverizado é obtida e as gotas são medidas e contadas;
- Difração de raios laser: Utiliza-se um transmissor, um receptor de laser e computador. A luz que atravessa o espectro é medida utilizando-se uma série de fotodiodos semicirculares, sendo posteriormente analisado por computador informando as medidas obtidas;
- Sondas ópticas: Semelhante à difração de raios laser, entretanto com maior capacidade para pulverizações de maior vazão e com gotas maiores;
- Doppler: utiliza cruzamento de raios laser de baixa potência. São indicados para análise completas para qualquer tipo de ponta.

Para que a utilização e compreensão dos tamanhos de gota cheguem ao usuário, foram criadas classes de tamanhos de gotas determinadas por institutos renomados como ASABE – sigla da American Association of Agricultural and Biological Engineers (Associação Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos) e do BCPC – British Crop Production Council (Conselho Britânico de Produção de Cultivos), que são denominadas como qualitativas.

A ASABE, pela norma S-572, determinou as classes de tamanho de gotas utilizando diferentes pontas, de diferentes ângulos e pressões, como mostradas na Tabela 01.

Tabela 01: Pontas utilizadas pela ASABE para determinação do padrão S-572

Classe de tamanho de gotas	Ângulo de abertura do leque	Vazão nominal (litros por minuto)	Vazão de referência (litros por minuto)	Pressão de operação (kPa)
Muito Fina/Fina	110	0,38	0,48	450
Fina/Média	110	1,14	1,18	300
Média/Grossa	110	2,27	1,93	200
Grossa/Muito Grossa	80	3,03	2,88	250
Muito Grossa/Extremamente Grossa	65	3,78	3,22	200

Fonte: ASABE (2004)

Os tamanhos de gotas produzidas foram convertidos em classes e representados através de cores, como mostrado na Figura 02.

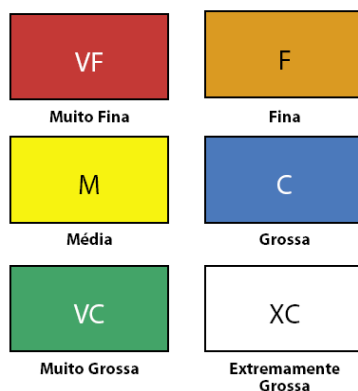


Figura 02: Classes de tamanho de gotas em escala de cores determinada pela ASABE.

Fonte: Catálogo TeeJet 50A-P (2008).

2.4 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

As pontas de pulverização são essenciais na tecnologia de aplicação, sendo responsáveis pela determinação da taxa da aplicação, pelo tamanho das gotas produzidas e pela uniformidade de distribuição do produto (CHRISTOFOLETTI, 1992). As pontas são os menores e mais importantes componentes dos pulverizadores. Existem diversos tipos de pontas em relação à forma do jato produzido e forma de funcionamento, como as de jato plano comum, cone vazio, defletores, de jato sólido único ou múltiplo. Além disso, existem modelos com características distintas, como jato plano duplo, cone cheio, pontas com indução de ar e outras. Para uso em pulverizadores de barras, as pontas mais adequadas são as de jato plano comum com as beiradas afiladas, permitindo o cruzamento dos leques e conseqüente distribuição uniforme ao longo da barra (MATUO, 1990). Essa característica ocorre para diminuir o efeito da variação de altura da barra durante a aplicação. O emprego de pontas do tipo cônico em barras, embora ainda muito popular no Brasil, não é correto, devido ao perfil de distribuição desse modelo, não adequado para cruzamento com as pontas adjacentes, resultando em acumulação e distribuição irregular dos produtos (MATUO, 1990).

A pressão de aplicação possui interferência direta com a vazão e tamanho de gotas. O aumento da pressão faz com que a vazão suba, mas seu aumento não é diretamente proporcional. O aumento da pressão tem relação quadrada ao aumento da vazão. Esse aumento de energia faz com que as gotas produzidas pelas pontas sejam menores. Alguns modelos de pontas do tipo jato plano que produzem gotas classificadas como grossas em baixa pressão, podem chegar a produzir gotas finas somente com o aumento da pressão. Por esta razão a pressão deve ser utilizada com cuidado para alteração da vazão.

Merecem destaque as chamadas pontas de indução de ar, que possuem um sistema do tipo “venturi”, o qual aspira o ar pela parte lateral da mesma, misturando ar e líquido em uma câmara e produzindo gotas com ar em seu interior. Esse tipo de ponta produz normalmente gotas de grande tamanho, mais indicadas para redução de deriva (VASQUEZ, 2004). Por essa mesma característica, tais pontas não são indicadas em alvos que necessitam grande cobertura de produtos de contato nas folhas.

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS VIA PULVERIZAÇÃO

A medição da deposição da pulverização nas plantas alvo ou em alvos simulados é uma importante técnica para avaliação dos métodos de pulverização (FOX et al., 2001). Os padrões de distribuição e cobertura da aplicação são diretamente relacionados a sua eficácia no controle de pragas e planta daninhas (SALYANI; FOX, 1994).

Conceitualmente existem dois tipos de avaliações de aplicação: a deposição, avaliação quantitativa na qual se verifica a quantidade de produto depositado no alvo; e a cobertura, avaliação qualitativa na qual se observa a porcentagem do alvo que foi coberto pela aplicação. A cobertura é influenciada por diversos fatores, tais como condições climáticas, velocidade de aplicação, tamanho de gotas, arquitetura da planta alvo e outras características do próprio pulverizador (PRAAT et al., 1996). Como exemplo de ensaios de deposição, pode-se descrever a cromatografia e a medição de condutividade elétrica em calda aplicada adicionada de sais. Em ensaios de cobertura, pode-se utilizar papéis hidrossensíveis, papel kromekote, traçantes, corantes e placas de petri. Um dos primeiros métodos para avaliação de deposição foi descrito por Matthews (1982) e citado por Ramos et al. (2004), consistindo-se na coleta de gotas em superfície lisa, com fator de espalhamento conhecido, dimensionados em microscópio óptico equipado com retículo ou graticulo de Porton (mínimo de 200 gotas por superfície), separadas por classe de tamanho de gotas, planilhadas em função do número e volume por classe, plotadas em papel logarítmico e finalmente que a curva seja traçada e os parâmetros determinados. Tal processo é bastante moroso e cansativo, dificultando a aplicabilidade e comprometendo a confiabilidade dos resultados.

Salyani e Fox (1994) foram pioneiros na utilização de computadores na análise de manchas simuladas por impressora a jato de tinta. O trabalho entretanto teve sucesso restrito devido a limitações de desempenho da impressora e do próprio software, visto que os equipamentos disponíveis na época eram bastante rudimentares comparados aos atuais.

Degre et al. (2001) compararam o uso de papéis hidrossensíveis, placas de petri com óleos siliconados e lâminas de vidro somente, descrevendo as vantagens e desvantagens de cada sistema, sendo que as placas de petri e lâminas

de vidro provaram-se apropriadas para ensaios qualitativos. Antuniassi et al. (1996) e Abi Saab (2000) descrevem o uso de cloreto de potássio na calda e avaliação de deposição pela medição da condutividade elétrica do material depositado nas folhas. O uso de traçantes fluorescentes, como feito por Salyani (1999) é simples, porém muito sensível à degradação pela radiação solar. Pessoa e Chaim (1999) compararam a análise de deposição feita com papéis sensíveis do tipo kromekote com análise de resíduos de traçador adicionado à calda, não havendo diferença estatística na deposição em ambos os métodos. Devido à facilidade de manuseio, custo e análise, o uso do papel sensível tem sido cada vez mais comum.

2.6 PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS

Os papéis hidrossensíveis são papéis semi-rígidos, com uma camada composta de azul de bromofenol, refletindo a cor amarela, que se torna azul ao contato com a água, devido a mudança de pH de 2.8 para 4.6 (TURNER; HUNTINGTON, 1970).

Esses papéis, fabricados pela empresa Syngenta (Syngenta Cropsciences, Switzerland, anteriormente Ciba-Geigy), são bastante populares em todo o mundo, sendo distribuídos pelos principais fabricantes de pontas de pulverização e produzidos em larga escala desde 1985 (PARKIN, 1993).

Uma característica dos papéis hidrossensíveis é que as gotas pulverizadas que o atingem causam uma mancha no mesmo. Entretanto, essa mancha não reflete o tamanho da gota que foi depositada. Para o cálculo do tamanho de gota, existe um fator de espalhamento, usado para estimar seu tamanho. Ele consiste-se no diâmetro da mancha dividido pelo diâmetro da gota (SYNGENTA, 2007). O fator de espalhamento padrão considera a água como solvente, entretanto cada solução possui características diferentes, devido a adição de adjuvantes, como surfactantes, requerendo um fator de espalhamento customizado (FRITZ et al., 2009).

Uma vantagem apresentada pelos papéis hidrossensíveis é que permitem seu uso em nível de campo, através de contagem manual, sem requerer equipamentos especiais nem uso de softwares. O processo é feito manualmente,

contando-se visualmente as gotas contidas em espaço determinado como 1 cm² ou menos, como mostrado na Figura 3. Entretanto, seu uso neste caso limita-se à contagem do número de impactos por área. Para análises completas, que englobam dados como cobertura e tamanho de gotas, fez-se necessário o uso de softwares de análise da imagem dos impactos ou manchas no papel (SYNGENTA, 2007).

syngenta

Droplet counting aid

Select window according to the droplet number, place it at random on the collector and count the droplets with the lens:



1 cm² = 0.155 sq in
1 sq in = 6.425 cm²

Syngenta
Crop Protection AG
CH-4002 Basle

Figura 03: Gabarito de área para contagem manual de gotas em papel hidrossensível. A área de 1cm² é indicada para papéis com poucas manchas, e as áreas menores para o que contenham muitas manchas

Fonte: Syngenta (2007).

Uma característica problemática do papel hidrossensível é que em ambientes de alta umidade, acima de 85%, essa umidade faz que toda sua superfície se torne azul, impossibilitando seu uso. Outro fator limitante, largamente descrito na literatura, ocorre em ensaios com aplicações de impacto direto nos papéis com taxas de aplicação acima de 100 litros por hectare, ou 200 litros por hectare em aplicação indireta, onde o número de gotas que atingem o papel é tão grande que as mesmas se interpolam, causando manchas contínuas no papel que

distorcem a interpretação do tamanho das gotas, ao ponto de impossibilitar o cálculo do número de impactos por área e seu tamanho (FOX et al., 2001). Por esta razão Degré et al. (2001) consideraram que os papéis sensíveis tiveram boa indicação qualitativa da aplicação em taxas de aplicação não maiores que 100 litros por hectare. Tal problema foi também verificado por Fritz et al. (2009), que encontrou a tendência de os programas medirem diâmetros medianos volumétricos maiores quando a deposição é maior, pois gotas interpoladas são lidas como uma única gota. Quando um papel é atingido por poucas gotas, sua avaliação estatística fica comprometida, conforme sugerido por Hoffman e Hewitt (2004). Outra limitação técnica ao uso de softwares de análise de gotas em papéis sensíveis se deve a dificuldade de leitura e análise de gotas muito pequenas, abaixo de 50 micra (HOFFMAN; HEWITT, 2004) ou 80 micra, como descrito por Salyani e Fox (1999). Exemplos de imagens de papéis hidrossensíveis podem ser vistos na Figura 04.

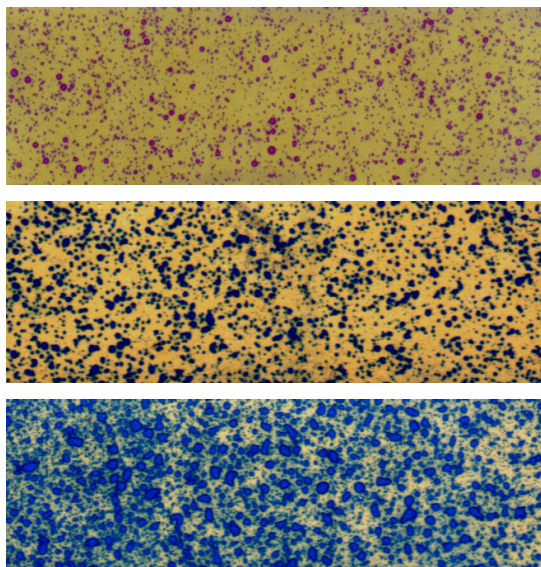


Figura 04: Papéis hidrossensíveis expostos a gotas de diferentes tamanhos. Na imagem da parte de baixo, observa-se manchas que se unificaram, que podem causar erros na interpretação de quantidade e tamanho de gotas

Fonte: Programa CIR 1.5, TyC S.R.L, 2003.

Como vantagem do uso de papéis hidrossensíveis pode-se mencionar a facilidade de colocação junto à folhas em qualquer parte da copa da planta ou alvo biológico (HOFMANN; HEWITT, 2004). Esse fato tornou o papel sensível especialmente útil nas dezenas de trabalhos realizados nos últimos 10 anos

avaliando a penetração no terço inferior em soja [*Glycine max* (L.) Merrill] visando o combate do fungo *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow, causador da Ferrugem Asiática, onde importantes informações a respeito de penetração no terço inferior da copa e do tamanho de gotas mais adequado para essa aplicação foi estudado, conforme Ozkan, Zhu e Derksen (2006).

2.6.1 Número de gotas e cobertura

Existe uma recomendação geral do fabricante dos papéis hidrossensíveis para cobertura conforme o tipo de produto aplicado, conforme mostrado na tabela 02 abaixo (SYNGENTA, 2007)

Tabela 02: Numero de gotas necessárias por centímetro quadrado (cm²) de acordo com o tipo de produto aplicado.

Número de gotas por cm ²	Aplicação
20 a 30	Inseticidas
20 a 30	Herbicidas em pré-emergência
30 a 40	Herbicidas de contato
50 a 70	Fungicidas de contato

Fonte: Syngenta (2007)

2.6.2 Métodos de análise de papéis sensíveis

Diversos trabalhos abordaram a leitura e interpretação de papéis sensíveis. Panneton (2002) utilizou um sistema de câmera digital e lentes especiais montadas em uma espécie de caixa, com resultados satisfatórios. Tal sistema, todavia, não é disponível comercialmente. Pessoa e Chaim (1999) utilizaram um programa computacional para avaliação dos papéis. A leitura dos papéis, entretanto, foi feita de forma manual com microscópio, portanto não prático em nível de campo.

Existem diversos softwares comerciais de análise de papéis sensíveis. O mais conhecido no Brasil é o e-Sprinkle, desenvolvido em parceria com a Embrapa. Outros comumente usados são o CIR 1.5, desenvolvido na Argentina, e o DropletScan, desenvolvido nos EUA. Existem também algumas versões não comerciais, usadas principalmente em ensaios científicos, como o Conta-Gotas (CANTERI et al., 2001). Esses softwares representam um grande avanço nas avaliações de aplicações devido à sua portabilidade. Os papéis coletados podem ser escaneados no próprio campo, com o uso de scanner alimentado por tomadas USB de computadores portáteis. A análise demora poucos minutos.

Ramos et al. (2004) avaliaram o software e-Sprinkle, encontrando no programa confiabilidade suficiente para seu uso em trabalhos científicos. Já Leiva e Araujo (2007) compararam 4 softwares utilizando imagens dos mesmos papéis nas análises, encontrando resultados bastante divergentes nas análises do e-Sprinkle em relação aos demais. Nos trabalhos supracitados, não houve descrição detalhada dos métodos de amostragem dos papéis, assim como quantidade utilizada por área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, O. J. G. **Avaliação da cobertura e depósitos de agrotóxicos em videiras com o uso de diferentes técnicas de aplicação e condições operacionais.**2000. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING.Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph: **ASABE**, 2000. p.389-391. (ASABE Standard S572 AUG99).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALSASTM Committee E29 on Particle and Spray Characterization.West Conshohocken: **ASTM**, 1969.

ANTUNIASSI, U.R.; VELINI, E.D.; MARTINS, D. 1996. Spray deposition and drift evaluation of air-carrier peach orchard sprayers. **AgEng96**, Madrid, Spain. Paper N. 96A-136

CANTERI, M.G. et al. Conta-gotas: sistema para análise de eficiência de pulverização. In: Congresso Paulista de Fitopatologia, 24., 2001, Piracicaba, SP. **Summa Phytopathologica**. Jaboticabal: Grupo Paulista de Fitopatologia, 2001. v.27, p.136.

CatálogoTeeJet – Guia do Comprador 50A-P, 2008 Spraying Systems Co., Wheaton, IL, USA

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Manual Shell de Máquinas e Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas**, 1992, 122p.

DEGRÉ, A.; MOSTADE, B.; HUYGHEBAERT, S.; TISSOT, S.; DEBOUCHE, C. Comparison by Image Processing of Target Supports of Spray Droplets **ASAE**, v.44, n.2, p.217-222, 2001.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations **The lurking menace of weeds - Farmers' enemy. N.1.**

Disponível em <http://www.fao.org/news/story/en/item/29402/icode/> Acesso em 5/12/2010

FOX, R.D.; SALYANI, M.; COOPER, J.A.; BRAZEE, R.D. Spot Size Comparisons on Oil- and Water-Sensitive Paper **ASAE**, v.17, n.2, p. 131-136, 2001.

FRITZ, B.K.; PARKER, J.D.; LÓPEZ JR.; J.D., HOFFMAN, W.C.; SCHLEIDER, P. Deposition and Droplet Sizing Characterization of a Laboratory Spray Table **ASABE**, v. 25, n.2 p.175-180, 2009.

GRAHAM-BRYCE, I.J. Crop protection: a consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and scopes for improvements. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Series B, London, v. 281, p. 163-179, 1977.

HOFFMAN, W.C.; HEWITT, A.J. Comparison of Three Imaging Systems for Water Sensitive Papers, **ASAE**, 2004.

LEFEBVRE, A.H. **Atomization and sprays**.New York:Hemisphere Publishing Corporation, 1989. 421p.

LEIVA, P. D.; ARAÚJO, E. C. **Comparación de Programas de Computación para Recuento y Tipificación de Impactos de Aspersión sobre Tarjetas Sensibles**. 2007. Disponível em http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion_de_programas_de_computacion_para_recuento.pdf. Acesso em 5 dezembro 2010

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. Malden:Blackwell, 1982. 432p.

MATUO, T. **Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Jaboticabal, 1990 EditoraFunep 139p.

OZKHAN, H.E.; ZHU, H.; DERKSEN, R.C. Evaluation of Spraying Equipment for Effective Application of Fungicides to Control Asian Soybean Rust In: 2006 ASABE Annual International Meeting. Portland, Oregon 2006 **Anais**.

PARKIN, C. S. Methods for measuring spray droplet sizes. In: MATHEWS, G. A. and HISLOP, E. C., **Application Technology for Crop Protection**. Wallingford, 1993, p. 57-84

PANNETON, B. Image Analysis of Water-Sensitive Cards for Spray Coverage Experiments. St. Joseph: **ASAE**, 2002. p. 179-182

PESSOA, M.C.P.Y.; CHAIM, A. Programa Computacional para Estimativa de Uniformidade de Gotas de Herbicidas Aplicados por Pulverização Aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.1, p. 45-56, jan. 1999

PRAAT, J.P., MANKTELOW, D.; SUCKLING, D.M.; MABER, J. 1996. Can application technology help to manage pesticide resistance? In: Plant Protection Conference, 1996, New Zealand. NZPPS paper, Canadian Application Technology. P. 177-182

Programa CIR 1.5 - Instituto de Ingeniería Rural, Gustavo A. Casal y Cia SRL y TyC SRL del Parque de Innovación Tecnológica de INTA Balcarce.

RAMOS, H. H.; ARAÚJO, D.; LIMA, J.D.C.V.; BETTINI, P.; YANAI, K.; GADANHA JUNIOR, C.; MINATEL, E. Acurácia de um Programa de Computador na Determinação de Parâmetros de Pulverização sobre Papéis Hidrossensíveis. In: III Sintag – Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 2004, Botucatu. **Anais** CD Rom, 2004

SALYANI, M.; FOX, R. D. Evaluation of Spray Quality By Oil- and Water-Sensitive Papers **ASAE** 1999, Vol. 42(1): 41-43

SALYANI, M.; FOX, R. D. Performance of Image Analysis for Assesment of Simulated Spray Droplet Distribution. St. Joseph: **ASAE**, 1994. p. 1083-1089

SALYANI, M. A Technique for Stabilizing Droplet Spots on Oil-Sensitive Papers.
ASAE 1999.Vol 42(1) p. 45-48

SCHICK, R.J. **An engineer's practical guide drop size**. Wheaton:Spraying
Systems, 1997. 28p.

SYNGENTA , 2007. Water Sensitive Paper Instructions Manual.

TURNER, C.R.; HUNTINGTON, K.A.The use of water sensitive dye for the detection
and assessment of small spray droplets.**Journal of
AgriculturalEngineeringResearch**1970 15(4):385-387

VASQUEZ, J. **Aplicación de Productos Fitosanitarios** – Técnicas y Equipos.
EdicionesAgrotecnicas ISBN 84-87480-72-1 2004 389p.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**.4. Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice
Hall, 1999.

3. ARTIGO – PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS EM PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA: DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA

Resumo: Sabe-se que com o aumento no número de amostras coletadas aumenta-se o nível de confiança dos resultados obtidos. Entretanto pouco se sabe acerca do número mínimo de papéis hidrossensíveis que devem ser amostrados em trabalhos de tecnologia de aplicação. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o número mínimo de papéis hidrossensíveis a serem amostrados em experimentações, tendo como base as variáveis: porcentagem de cobertura, número de gotas por cm^2 e diâmetro mediano volumétrico (DMV). Foram realizadas aplicações sobre papéis hidrossensíveis, em ambiente fechado, na forma de um experimento fatorial 2×2 com 5 repetições contendo cada uma 36 papéis hidrossensíveis por m^2 . Os fatores envolvidos foram duas pontas de pulverização (TR110-01 e ULD-120-015) e duas pressões de trabalho (138 e 276 kPa), comparados posteriormente através da análise de variância seguido do teste Tukey à 5% de probabilidade para média de 36 papéis hidrossensíveis, bem como para a média do número mínimo de papéis (amostras) determinado. A determinação do número mínimo de papéis hidrossensíveis depende do erro de estimação que se assume, aumentando o número gradativamente conforme se reduz o erro. Assim neste trabalho assumiram-se erros de 20%, 15% e 10% da média, gerando conseqüentemente números de amostras de: 7, 12 e 26, respectivamente, para porcentagem de cobertura; 5, 8 e 16, respectivamente, para número de gotas por cm^2 ; e 1,2 e 4, respectivamente, para diâmetro mediano volumétrico (DMV). Comparando-se estatisticamente as médias obtidas no experimento em cada variável para $n=36$ amostras e n =amostras determinadas à 20% de erro, nota-se que os resultados obtidos são idênticos em ambas as situações, demonstrando que taxas de aplicações, bem como tamanhos de gotas diferentes influenciam nos níveis de cobertura, número de gotas por cm^2 e DMV encontrados sobre os papéis hidrossensíveis. Assim pode-se concluir que tais papéis podem ser utilizados de forma satisfatória em experimentos de tecnologia de aplicação, em virtude das variáveis que possam ser mensuradas, como também pela sua aplicabilidade quanto ao número de amostras requeridas.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Papéis hidrossensíveis. Cobertura. Pontas de pulverização.

3. PAPER: WATER-SENSITIVE PAPER FOR AGRICULTURAL SPRAYING: DETERMINATION OF THE NUMBER OF SAMPLES REQUIRED

Abstract: It is known that the increase in the number of samples increases the confidence level of the results. However, little is known about the minimum number of water-sensitive papers that must be sampled in studies of spray technology. Thus, the aim of this paper was to determine the minimum number of water-sensitive papers (samples) in spray experiments, based on the variables: percentage of coverage, number of drops per cm^2 and volume median diameter (VMD). It was realized sprays on water-sensitive papers, in indoor ambient, at the form of a 2×2 factorial experiment with five replicates, each containing 36 papers. The factors involved were two nozzles (TR110-01 and ULD120-015) and two operational pressures (138 and 276 kPa), compared subsequently by analysis of variance followed by Tukey test at 5% probability for the average of 36 papers and the average of the minimum number of papers (samples) determined. To determine the minimum number of water-sensitive papers depends on the estimated error that is assumed, increasing gradually according to it reduces the sample error. So in this study were assumed mean errors of 20%, 15% and 10%, getting consequently numbers of samples of: 7, 12 and 26, respectively, for percentage of coverage; 5, 8 and 16, respectively, for number of drops per cm^2 ; and 1.2 and 4 respectively, for volume median diameter (VMD). Comparing statically the averages obtained in the experiment for each variable for $n=36$ samples and $n=$ samples determined at 20% error, noted that the results are identical in both situations, demonstrating that spray rates ($\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$) and different droplet sizes influenced in the levels of coverage, number of drops per cm^2 and VMD founded on the papers. Thus we can conclude that these water-sensitive papers can be satisfactorily used in experiments of spray technology, because of the variables that can be measured, as well as its applicability of the number of required samples.

Key-words: Spray technology. Water-sensitive papers. Coverage. Spray nozzles.

3.1 INTRODUÇÃO

De todas as formas de controle dos agentes nocivos às culturas, o uso de produtos fitossanitários tem sido o principal método de controle, sendo a maior parte destes produtos aplicados por via líquida.

A aplicação fitossanitária via líquida consiste na colocação das gotas pulverizadas sobre o alvo. Porém, tal processo é conhecido pela sua baixa eficiência, por não se conseguir atingir o alvo de forma uniforme e constante, podendo resultar em controle inadequado, desperdício de produtos fitossanitários e contaminação ambiental.

A pulverização pode ocorrer pelo uso de bicos hidráulicos, bicos pneumáticos, termonebulizadores e por discos centrífugos (VASQUEZ, 2004). Nos bicos hidráulicos, a forma de pulverização mais comum, o processo de formação de gotas se inicia pela saída do líquido sob pressão pela ponta de pulverização. A energia potencial do líquido, associada com o desenho da ponta e geometria do orifício faz o líquido emergir em pequenos ligamentos. Esses ligamentos posteriormente quebram-se em pequenas peças, que são chamadas de gotas, gotículas ou partículas líquidas (SCHICK, 1997).

Atualmente existem inúmeras pontos que podem ser manejados quando se pensa na realização de uma aplicação via líquida, como por exemplo, a taxa de aplicação ($L \cdot ha^{-1}$), tamanho de gotas pulverizadas, assistência de ar e eletrificação das gotas, uso de adjuvantes na calda de aplicação, entre outros. Em tais aplicações, o padrão de distribuição e a uniformidade de cobertura das gotas sobre o alvo são diretamente relacionados com a eficiência da pulverização e eficácia no controle.

O percentual de cobertura pode ser influenciado por diversos fatores, tais como condições climáticas, velocidade de aplicação, tamanho de gotas, arquitetura da planta alvo e outras características do próprio pulverizador (PRAAT et al., 1996).

Uma das principais formas de avaliar a cobertura proporcionada por uma aplicação é com o uso do papel hidrossensível, que indica a quantidade e qualidade das gotas depositadas sobre o mesmo, podendo ser uma indicação relativamente precisa e barata da qualidade de aplicação, sobretudo de fácil utilização.

Os papéis hidrossensíveis são papéis semi-rígidos, com uma camada composta de azul de bromofenol, refletindo a cor amarela, que se torna azul ao contato com a água, devido a mudança de pH de 2.8 para 4.6 (TURNER; HUNTINGTON, 1970). Esses papéis, fabricados pela empresa Syngenta (anteriormente Ciba-Geigy), são bastante populares em todo o mundo, sendo distribuídos pelos principais fabricantes de pontas de pulverização e produzidos em larga escala desde 1985 (PARKIN, 1993).

Uma característica dos papéis hidrossensíveis é que as gotas pulverizadas que o atingem causam manchas no mesmo. A determinação da porcentagem de cobertura e/ou número de gotas que atingem os papéis por área pode ser feita manualmente, contando-se visualmente as gotas contidas em espaço determinado como 1 cm² ou menos ou através de softwares de análise da imagem dos impactos ou manchas no papel (SYNGENTA, 2007), sendo que a estimativa do tamanho das gotas pode ser feita somente pelos softwares de avaliação.

A alta umidade relativa do ar, acima de 85%, faz com que toda superfície dos papéis hidrossensíveis se torne azul, impossibilitando seu uso. Outro fator limitante, largamente descrito na literatura, ocorre em ensaios com aplicações de impacto direto nos papéis com vazões acima de 100 litros por hectare, ou 200 litros por hectare em aplicação indireta, onde o número de gotas que atingem o papel é tão grande que as mesmas se interpolam, causando manchas contínuas no papel que distorcem a interpretação do tamanho das gotas, ao ponto de impossibilitar o cálculo do número de impactos por área e seu tamanho (FOX et al., 2001). Por esta razão Degré et al. (2001) consideraram que os papéis sensíveis tiveram boa indicação qualitativa da aplicação em volumes não maiores que 100 litros por hectare. Outra limitação técnica ao uso de softwares de análise de gotas em papéis sensíveis se deve a dificuldade de leitura e análise de gotas muito pequenas, abaixo de 50 micra (HOFFMAN; HEWITT, 2004) ou 80 micra, como descrito por Salyani e Fox (1999).

Salyani e Fox (1994) foram pioneiros na utilização de computadores na análise de manchas simuladas por impressora a jato de tinta. O trabalho, entretanto, teve sucesso restrito devido a limitações de desempenho da impressora e do próprio software, visto que os equipamentos disponíveis na época eram bastante rudimentares comparados aos atuais.

Diversos outros trabalhos abordaram a leitura e interpretação de papéis sensíveis (PANNETON, 2002; PESSOA E CHAIM, 1999). Diversos softwares

comerciais de análise de papéis sensíveis, entre os quais o programa e-Sprinkle, desenvolvido pela Embrapa, o Conta-Gotas (CANTERI et al., 2001), o CIR 1.5, desenvolvido na Argentina, e o DropletScan, desenvolvido nos EUA. Os papéis coletados podem ser escaneados no próprio campo, com o uso de scanner alimentado por tomadas USB de computadores portáteis. A análise demora poucos minutos.

Entretanto, pouco se conhece sobre a variabilidade da deposição de tais gotas em experimentos ligados à tecnologia de aplicação, bem como qual seria a quantidade ideal ou mínima de papéis hidrossensíveis a serem amostrados em tais experimentações.

A determinação do número mínimo de papéis hidrossensíveis por m^2 , ou seja, do tamanho da amostras (ZAR, 1999), depende basicamente da variação dos dados de uma determinada variável quantitativa, bem como a margem de erro assumida para sua base de cálculo, onde quanto maior a variação dos dados e menor a margem de erro assumida, maior é o número de amostras requeridas. Assim a condição em que é feito o estudo aliado ainda à segurança e/ou a praticabilidade do resultado objetivado é de suma importância para o estabelecimento da margem de erro estudada.

O objetivo deste trabalho foi determinar o número mínimo de papéis hidrossensíveis por m^2 a serem amostrados em um experimento, envolvendo pontas de pulverização e pressão de trabalho, tendo como base as variáveis: cobertura porcentual, cobertura numérica e diâmetro mediano volumétrico (DMV).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina. Foram realizadas aplicações em pulverização com água sobre papéis hidrossensíveis, dispostos sobre superfície plana, por meio do uso de um equipamento costal, pressurizado por CO_2 , com barra de pulverização contendo quatro bicos espaçados de 0,5 m.

Durante as aplicações, feitas sempre pelo mesmo operador do equipamento, a barra de pulverização foi disposta centralizada em relação à parcela, mantida a 0,5 m de altura desta, e em ambiente fechado para isolar o efeito do vento. A umidade relativa e a temperatura do ar foram monitoradas durante as aplicações, através de termohigrômetro, variando de 71 a 75% e 26,0 a 26,7 °C, respectivamente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 (2 pontas de pulverização e 2 pressões de trabalho), com 5 repetições. Cada uma das 20 parcelas constitui-se de 36 papéis hidrossensíveis (Syngenta), dispostos de forma padronizada em aproximadamente 1 m² de superfície plana sobre o solo, sendo 18 em posição longitudinal e 18 em posição transversal ao sentido de deslocamento da barra de pulverização, totalizando 720 unidades.

A velocidade aproximada de trabalho foi de 6 km.h⁻¹. Utilizaram-se dois modelos de pontas de pulverização (ambas fabricadas pela Hypro LLC, New Brighton, EUA), com diferentes classes de tamanhos de gotas produzidas, em duas pressões de trabalho, portanto, determinando duas vazões para cada uma delas. As características das pontas utilizadas, assim como as respectivas vazões e tamanho de gotas geradas nas diferentes pressões de trabalho utilizadas, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 03. Pontas de pulverização; classe de tamanho de gotas, vazão e taxa de aplicação em duas pressões de trabalho.

Modelo da Ponta	Pressão de trabalho (kPa)					
	138			276		
	Classe de tamanho de gota	Vazão (L.min ⁻¹)	Taxa de aplicação (L.ha ⁻¹)	Classe de tamanho de gota	Vazão (L.min ⁻¹)	Taxa de aplicação (L.ha ⁻¹)
TR110-01 (Jato plano padrão)	Fina	0,25	50	Muito fina	0,35	70
ULD120-015 (Jato plano com indução de ar)	Grossa	0,39	78	Média	0,525	105

Fonte: Catalogo de produtos Hypro, 2008

Após as aplicações os papéis hidrossensíveis foram embalados em filme plástico de PVC transparente, a fim de preservá-las da contaminação pela umidade do ar, sendo cada um digitalizado em um aparelho scanner de mesa, com resolução de 300 dpi. As imagens foram processadas, através do uso do software Conta-Gotas (CANTERI et al., 2001), para a estimativa da porcentagem de cobertura, número de gotas por área e diâmetro mediano volumétrico (DMV).

A determinação do número mínimo necessário de papéis hidrossensíveis (amostras), para cada variável (cobertura, gotas por cm² e DMV) foi calculado com base na equação descrita (ZAR, 1999) abaixo, para cada tratamento em específico (pontas e pressões):

$$n = \frac{t^2 \times S^2}{d^2}$$

onde:

n = tamanho da amostras;

t² = valor amostral tabelado (t de Student);

S² = desvio padrão;

d² = erro percentual em relação à média.

Após a determinação do número mínimo de papéis hidrossensíveis, análises de variância, seguidas do teste Tukey em nível de 5% de probabilidade, foram realizadas para as médias dos 36 papéis hidrossensíveis (total de cada parcela), bem como para a média utilizando o número mínimo de amostras determinado pela equação anterior, a título de comparação e validação dos resultados obtidos no experimento. Neste caso, assumiram-se erros de 20%, 15% e 10% para a determinação do número mínimo de amostras de papéis hidrossensíveis nas três variáveis estudadas (cobertura porcentual, cobertura numérica e DMV), calculados para cada repetição de cada tratamento.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada uma das variáveis consideradas, cobertura porcentual, cobertura numérica e DMV, foi calculado o tamanho da amostra. Posteriormente foram comparadas as análises de variância utilizando o resultado do total de amostras de cada parcela (36), com o resultado do número mínimo de amostras calculado.

Para a cobertura porcentual verificou-se que o número mínimo de papéis hidrossensíveis para os erros de 20%, 15% e 10% foram 7 (6,44); 12 (11,45) e 26 (25,76), respectivamente (Tabela 04).

Tabela 04. Média, coeficiente de variação (CV%) e números de amostras requeridas (n) para 20%, 15%, e 10% de margem de erro quanto à cobertura porcentual.

Cobertura (%)							
Ponta	Pressão	Repetição	Média *	CV(%)	n _{20%}	n _{15%}	n _{10%}
TR 110-01	138 kpa	1	16,83	19,60	3,96	7,04	15,83
		2	18,33	20,33	4,26	7,57	17,02
		3	19,00	15,71	2,54	4,52	10,18
		4	18,75	12,32	1,56	2,78	6,25
		5	19,31	14,64	2,21	3,93	8,83
	276 kpa	1	16,17	19,31	3,84	6,83	15,36
		2	16,47	17,26	3,07	5,46	12,28
		3	16,58	16,71	2,88	5,11	11,51
		4	15,92	14,04	2,03	3,61	8,12
		5	16,44	18,41	3,49	6,21	13,97
ULD 120-015	138 kpa	1	22,06	18,04	3,35	5,96	13,41
		2	18,42	21,62	4,81	8,56	19,26
		3	19,28	25,00	6,44**	11,45**	25,76**
		4	19,75	23,61	5,74	10,21	22,96
		5	15,72	21,96	4,97	8,83	19,87
	276 kpa	1	34,06	9,28	0,89	1,58	3,55
		2	33,14	6,62	0,45	0,80	1,80
		3	33,28	6,91	0,49	0,88	1,97
		4	32,94	4,86	0,24	0,43	0,98
		5	33,03	4,88	0,25	0,44	0,98

*Médias de 36 papéis hidrossensíveis (amostras). **Destaques (em negrito) referem-se aos maiores valores de n para cada margem de erro.

Na comparação das análises de variância do fatorial Pontas x Pressão, tanto para médias de $n = 36$ e $n = 7$ (número amostral mínimo), os resultados encontrados foram idênticos, ocorrendo interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 05).

Tabela 05. Cobertura porcentual das pontas de pulverização TR110-01 e ULD-120-015, sob diferentes pressões de trabalho, para médias de $n = 36$ e $n = 7$ papéis hidrossensíveis.

Cobertura (%) – n=36 papéis hidrossensíveis		
Pressão	Ponta	
	TR 110-01	ULD 120-015
138 kpa	18,44 Aa	19,04 Ba
276 kpa	16,31 Bb	33,29 Aa
CV(%)	5,85	
Cobertura (%) – n=7 papéis hidrossensíveis		
Pressão	Ponta	
	TR 110-01	ULD 120-015
138 kpa	18,60 Aa	19,45 Ba
276 kpa	15,57 Bb	33,28 Aa
CV(%)	5,63	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

A vazão ($L \cdot \text{min}^{-1}$) e o tamanho de gotas proporcionadas pelas diferentes pontas durante a pulverização, foram determinantes na cobertura porcentual encontrada. A ponta ULD120-015, que sempre promoveu maiores taxas de aplicação (78 e $105 L \cdot \text{ha}^{-1}$) e maiores gotas (grossas e médias, respectivamente) nas duas pressões de trabalho adotadas, apresentou a mesma cobertura porcentual do que a ponta TR110-01, quando submetida a pressão de trabalho de 138 kPa (taxa de aplicação de $50 L \cdot \text{ha}^{-1}$ e gotas finas). O aumento na pressão de trabalho para 276 kPa fez com que a ponta TR110-01 aumentasse a taxa de aplicação de 50 para $70 L \cdot \text{ha}^{-1}$, reduzindo, porém, o tamanho de gota de fina para muito fina. No entanto, apesar da taxa ser maior, a cobertura foi menor. Isso pode ter ocorrido em função de perdas por evaporação e deriva, ou pelo fato de gotas menores que 100 micra não serem detectadas satisfatoriamente pelo software de leitura da imagem no papel sensível.

O aumento na taxa de aplicação, assim como a redução do tamanho de gotas, teoricamente promove melhoria no nível de cobertura em função do maior número de gotas pulverizadas até o alvo. Porém, gotas muito pequenas estão mais sujeitas aos fatores climáticos, podendo ser desviadas e/ou seu volume ser evaporado ao longo de seu deslocamento até o alvo, não atingindo muito vezes o objetivo (CUNHA e TEIXEIRA, 2001; VIANA et al., 2008)

Quanto ao número de gotas por área, o número mínimo de papéis hidrossensíveis encontrados, para os erros de 20%, 15% e 10% foram: 5 (4,15); 8 (7,38) e 17 (16,60), respectivamente (Tabela 06).

Tabela 06. Média, coeficiente de variação (CV%) e números de amostras requeridas (n) para 20%, 15%, e 10% de margem de erro quanto ao número de gotas por área.

Número de gotas por área (cm ²)							
Ponta	Pressão	Repetição	Média *	CV(%)	n _{20%}	n _{15%}	n _{10%}
TR 110-01	138 kpa	1	105,33	6,49	0,43	0,77	1,74
		2	105,89	7,79	0,62	1,11	2,50
		3	107,61	5,98	0,37	0,65	1,47
		4	108,50	4,16	0,18	0,32	0,71
		5	108,64	5,20	0,28	0,49	1,11
	276 kpa	1	117,39	4,94	0,25	0,45	1,01
		2	117,72	5,51	0,31	0,56	1,25
		3	116,03	3,32	0,11	0,20	0,45
		4	116,25	2,78	0,08	0,14	0,32
		5	116,72	3,77	0,15	0,26	0,59
ULD 120-015	138 kpa	1	49,64	15,49	2,47	4,40	9,89
		2	45,22	14,74	2,24	3,98	8,95
		3	46,61	18,65	3,58	6,37	14,33
		4	46,81	20,07	4,15**	7,38**	16,60**
		5	40,28	18,75	3,62	6,44	14,50
	276 kpa	1	86,36	2,20	0,05	0,09	0,20
		2	85,92	2,16	0,05	0,09	0,19
		3	85,31	2,44	0,06	0,11	0,25
		4	84,64	2,78	0,08	0,14	0,32
		5	84,83	3,33	0,11	0,20	0,46

*Médias de 36 papéis hidrossensíveis (amostras). **Destques (em negrito) referem-se aos maiores valores de n para cada margem de erro.

Também houve interação significativa entre os fatores Ponta x Pressão, para o resultado da análise de variância das médias de ambos os números de papéis hidrossensíveis ($n = 36$ e $n = 5$, número amostral mínimo). Novamente os resultados encontrados foram semelhantes entre si (Tabela 07).

Tabela 07. Número de gotas por área entre as pontas de pulverização TR110-01 e ULD-120-015, sob diferentes pressões de trabalho, para médias de $n = 36$ e $n = 5$ papéis hidrossensíveis.

Número de gotas por cm² – n = 36 papéis hidrossensíveis			
Pressão (kPa)	Ponta		
	TR 110-01	ULD 120-015	
138	107,19 Ba	45,71 Bb	
276	116,82 Aa	85,41 Ab	
CV(%)	2,19		
Número de gotas por cm² – n = 5 papéis hidrossensíveis			
Pressão (kPa)	Ponta		
	TR 110-01	ULD 120-015	
138	108,52 Ba	46,76 Bb	
276	116,96 Aa	85,36 Ab	
CV(%)	2,71		

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Os resultados mostram que o aumento na pressão de trabalho, de 138 kPa para 276 kPa, assim como o uso da ponta TR 110-01 em relação à ULD-120-015, proporcionaram maior número de gotas por área, independentemente da interação entre os dois fatores. Esses resultados já eram esperados, uma vez que o aumento da pressão de trabalho promove, além do aumento da vazão (e, conseqüentemente da taxa de aplicação), a diminuição do tamanho (volume) das gotas, ou seja, o aumento do número total de gotas produzidas. Assim como, também era esperado que a ponta que produz gotas de tamanho menor (TR 110-01) também produzisse um número maior dessas, em comparação à ponta ULD-120-015

O diâmetro mediano volumétrico (DMV) foi a variável que apresentou os menores números para o mínimo de papéis hidrossensíveis necessários para os erros de 20% 15% e 10% - 1 (0,96), 2 (1,72) e 4 (3,86), respectivamente (Tabela 08).

Tabela 08. Média, coeficiente de variação (CV%) e números de amostras requeridas (n) para 20%, 15%, e 10% de margem de erro quanto ao diâmetro mediano volumétrico (DMV).

DMV							
Ponta	Pressão	Repetição	Média*	CV(%)	n _{20%}	n _{15%}	n _{10%}
TR 110-01	138 kpa	1	295,39	7,14	0,53	0,93	2,10
		2	301,61	6,55	0,44	0,79	1,77
		3	305,58	4,71	0,23	0,41	0,92
		4	307,08	3,54	0,13	0,23	0,52
		5	305,19	5,30	0,29	0,52	1,16
	276 kpa	1	217,69	2,72	0,08	0,14	0,31
		2	216,78	1,98	0,04	0,07	0,16
		3	216,17	2,49	0,06	0,11	0,26
		4	215,22	2,28	0,05	0,10	0,21
		5	217,72	2,18	0,05	0,09	0,20
ULD 120-015	138 kpa	1	611,39	8,36	0,72	1,28	2,88
		2	586,06	6,97	0,50	0,89	2,00
		3	601,08	8,19	0,69	1,23	2,76
		4	606,08	9,68	0,96**	1,72**	3,86**
		5	563,39	7,17	0,53	0,94	2,12
	276 kpa	1	474,39	1,80	0,03	0,06	0,13
		2	472,11	1,81	0,03	0,06	0,13
		3	475,03	1,99	0,04	0,07	0,16
		4	473,94	1,79	0,03	0,06	0,13
		5	477,47	1,90	0,04	0,07	0,15

*Médias de 36 papéis hidrossensíveis (amostras). **Destques (em negrito) referem-se aos maiores valores de n para cada margem de erro.

Novamente houve interação significativa entre os fatores Ponta x Pressão na análise de variância, assim como, os resultados foram semelhantes entre as diferentes médias dos números de papéis hidrossensíveis amostrados, $n = 36$ e $n = 1$ (Tabela 09).

Tabela 09. Diâmetro mediano volumétrico (DMV) entre as pontas de pulverização (TR110-01 e ULD-120-015) sob diferentes pressões de trabalho (138 e 276 kPa), para médias de $n=36$ e $n=5$ papéis hidrossensíveis.

DMV – n = 36 papéis hidrossensíveis		
Pressão (kPa)	Ponta	
	TR 110-01	ULD 120-015
138	302,97 Ab	593,60 Aa
276	216,71 Bb	474,58 Ba
CV(%)	2,52	
DMV – n = 1 papel hidrossensível		
Pressão (kPa)	Ponta	
	TR 110-01	ULD 120-015
138	299,00 Ab	614,80 Aa
276	218,60 Bb	473,40 Ba
CV(%)	6,82	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Esses resultados confirmam a informação do fabricante de que, nas pressões de trabalho utilizadas, a ponta TR110-01 produz gotas menores (finas e muito finas) do que a ponta ULD120-015 (grossas e médias). Assim como, confirmam também que com o aumento da pressão o padrão da gota diminui.

Considerando a baixa variabilidade dos dados, e o conseqüente menor número de amostras necessárias para resultados confiáveis, o papel hidrossensível pode ser uma ferramenta bastante importante na comparação das variáveis (cobertura porcentual, cobertura numérica e DMV), geradas pelas gotas oriundas de pontas de pulverização.

Mantendo-se os mesmos resultados, para as condições utilizadas, o número de amostras por parcela (n) poderia ser reduzida de 36 para 7, 5 e 1, para as variáveis cobertura porcentual, número de gotas por área e DMV, respectivamente.

Entretanto, a efetiva aplicabilidade dos papéis hidrossensíveis em experimentações é muitas vezes restrita, uma vez que pode sofrer influência de vários fatores:

- Umidade relativa do ar: o seu uso em condições de alta umidade relativa do ar pode ser comprometido por contaminação das amostras, que mudam a sua cor de amarela para azul em função do contato com a água da atmosfera (TURNER; HUNTINGTON, 1970).
- Características da calda: a adição de adjuvantes, ou mesmo de produtos fitossanitários, modificam a tensão superficial da água e podem alterar o fator de espalhamento das gotas, fazendo com que valores específicos sejam necessários para utilizar os programas de leitura (FRITZ et al., 2009).
- Softwares: diferentes programas de leitura podem gerar diferentes estimativas (LEIVA; ARAUJO, 2007);
- Taxas de aplicação elevadas: devido à coalescência de gotas, causando manchas contínuas, distorcendo a estimativa do tamanho de gotas, como também do número de impactos por área (FOX et al., 2001; FRITZ et al., 2009). Por essa razão Degré et al. (2001) sugerem que o uso de papéis hidrossensíveis não deva ser utilizado em taxas de aplicações superiores a $100 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$;
- Gotas muito pequenas: dificuldade de leitura pelos softwares de gotas muito pequenas, abaixo de 50 micra (HOFFMAN; HEWITT, 2004) ou 80 micra (SALYANI e FOX, 1999);
- Alvo artificial: por se tratar de um alvo artificial, que não tem as mesmas propriedades morfo-anatômicas dos alvos naturais que são em sua grande maioria as folhas das culturas, os resultados encontrados geram apenas inferências acerca dos fatos ocorridos durante uma aplicação.

Apesar de algumas limitações técnicas no tocante a utilização de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados a tecnologia de aplicação, sua utilização vem sendo cada vez mais difundida entre os pesquisadores e extensionistas de diferentes áreas atreladas ao controle químico como um todo na agricultura, trazendo consigo importantes informações a respeito dos fatores interligados ao controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

Um exemplo de grande e atual importância do uso de papéis hidrossensíveis é o estudo de forma intensa referente ao controle químico da ferrugem asiática da soja (*Pkaksopora pachyrhizi*), nos últimos 10 anos de seu surgimento epidêmico no

Brasil e no mundo (OZKAN ET AL., 2006; CUNHA ET AL., 2008; ROMAN, ET AL., 2009). Tais trabalhos têm gerado inúmeras informações relevantes quanto aos fatores inerentes à penetração das gotas no dossel inferior da cultura, local em que se inicia o desenvolvimento da doença, e que deve ter máxima ação dos fungicidas a fim de maximizar a eficiência de controle da aplicação, tornando o papel hidrossensível um método de grande valia para o entendimento da forma de controle da ferrugem por meio das pulverizações agrícolas.

3.4 CONCLUSÕES

- O número mínimo de papéis hidrossensíveis determinado para cada variável reproduziu o mesmo resultado para as análises de variância, confirmando assim a sua adequação;
- Papéis hidrossensíveis foram capazes de identificar diferenças entre pontas de pulverização e pressões de trabalho quanto à cobertura percentual, número de gotas por área e o diâmetro mediano volumétrico das gotas aplicadas;
- Visando a validação esse tipo de análise deve ser repetido com outros equipamentos, condições de trabalho e programas de computador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTERI, M.G. et al. Conta-gotas: sistema para análise de eficiência de pulverização. In: Congresso Paulista de Fitopatologia, 24., 2001, Piracicaba, SP. **Summa Phytopathologica**. Jaboticabal: Grupo Paulista de Fitopatologia, 2001. v.27, p.136

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.344-348, 2001.

CUNHA, J.P.A.R.; MOURA, E.A.C.; da SILVA JUNIOR, J.L.; ZAGO, F.A.; JULIATTI, F.C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, 2008.

DEGRÉ, A.; MOSTADE, B.; HUYGHEBAERT, S.; TISSOT, S.; DEBOUCHE, C. Comparison by Image Processing of Target Supports of Spray Droplets **ASAE**, v.44, n.2, p.217-222, 2001.

FOX, R.D.; SALYANI, M.; COOPER, J.A.; BRAZEE, R.D. Spot Size Comparisons on Oil- and Water-Sensitive Paper **ASAE**, v.17, n.2, p. 131-136, 2001.

FRITZ, B.K.; PARKER, J.D.; LÓPEZ JR.; J.D., HOFFMAN, W.C.; SCHLEIDER, P. Deposition and Droplet Sizing Characterization of a Laboratory Spray Table **ASABE**, v. 25, n.2 p.175-180, 2009

HOFFMAN, W.C.; HEWITT, A.J. Comparison of Three Imaging Systems for Water Sensitive Papers, **ASAE**, 2004.

LEIVA, P. D.; ARAÚJO, E. C. Comparación de Programas de Computación para Recuento y Tipificación de Impactos de Aspersión sobre Tarjetas Sensibles. 2007 Disponível:http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion_de_programas_de_computacion_para_recuento.pdf. Acesso em 5 dezembro 2010

OZKHAN, H.E.; ZHU, H.; DERKSEN, R.C. Evaluation of Spraying Equipment for Effective Application of Fungicides to Control Asian Soybean Rust In: 2006 ASABE Annual International Meeting. Portland, Oregon 2006 **Anais**

PANNETON, B. Image Analysis of Water-Sensitive Cards for Spray Coverage Experiments. St. Joseph: **ASAE**, 2002. p. 179-182

PARKIN, C. S. Methods for measuring spray droplet sizes. In: MATHEWS, G. A. and HISLOP, E. C., Application Technology for Crop Protection. Wallingford, 1993, p. 57-84

PRAAT, J.P., MANKTELOW, D.; SUCKLING, D.M.; MABER, J. 1996. Can application technology help to manage pesticide resistance? In: Plant Protection Conference, 1996, New Zealand. NZPPS paper, Canadian Application Technology. P. 177-182

PESSOA, M.C.P.Y.; CHAIM, A. Programa Computacional para Estimativa de Uniformidade de Gotas de Herbicidas Aplicados por Pulverização Aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.1, p. 45-56, jan. 1999

ROMAN, R.A.A.; CORTEZ, J.W. FERREIRA, M.C; OLIVEIRA, J.R.G. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **ScientiaAgraria**, v.10, n.3, p.223-232, Curitiba, 2009.

SALYANI, M.; FOX, R. D. Performance of Image Analysis for Assessment of Simulated Spray Droplet Distribution. St. Joseph: **ASAE**, 1994. p. 1083-1089

SALYANI, M.; FOX, R. D. Evaluation of Spray Quality By Oil- and Water-Sensitive Papers **ASAE** 1999, Vol. 42(1): 41-43

SCHICK, R.J. **An engineer's practical guide drop size**. Wheaton: Spraying Systems, 1997. 28p

SYNGENTA , 2007. Water Sensitive Paper Instructions Manual

TURNER, C.R.; HUNTINGTON, K.A. The use of water sensitive dye for the detection and assessment of small spray droplets. **Journal of Agricultural Engineering Research** 1970 15(4):385-387

VASQUEZ, J. **Aplicación de Productos Fitosanitarios** – Técnicas y Equipos. Ediciones Agrotecnicas ISBN 84-87480-72-1 2004 389p.

VIANA, R.G.; FERREIRA, L.R.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R.; de SOUZA, G.V.R. Deposição de gotas no dossel da soja por diferentes pontas de pulverização hidráulica e pressões de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.16, n.4, p.428-435, 2008

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4. Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1999