



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

KARINA ALINE ALVES

**INFLUÊNCIA DO FATOR DE ESPALHAMENTO E DA
FORMA DE CONSERVAÇÃO NA AVALIAÇÃO DA
COBERTURA EM PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS**

KARINA ALINE ALVES

**INFLUÊNCIA DO FATOR DE ESPALHAMENTO E DA
FORMA DE CONSERVAÇÃO NA AVALIAÇÃO DA
COBERTURA EM PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS**

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

Orientador: Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab.

Londrina
2013

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

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A474i Alves, Karina Aline.
Influência do fator de espalhamento e da forma de conservação na
avaliação da cobertura em papéis hidrossensíveis / Karina Aline Alves.
– Londrina, 2013.
51 f.: il.

Orientador: Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Defensivos vegetais – Tecnologia de aplicação – Teses. 2.
Pulverização – Teses. 3. Pulverização e povilhação na agricultura –
Teses. I. Abi-Saab, Otávio Jorge Grigoli. II. Universidade Estadual de
Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU 632.95

KARINA ALINE ALVES

**INFLUÊNCIA DO FATOR DE ESPALHAMENTO E DA FORMA DE
CONSERVAÇÃO NA AVALIAÇÃO DA COBERTURA EM PAPÉIS
HIDROSSENSÍVEIS**

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Antônio Gandolfo
UENP – Bandeirantes - PR

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Balan
UEM – Maringá - PR

Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab
UEL – Londrina - PR

Londrina, 22 de fevereiro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Otávio Jorge Grigoli Abi Saab, pela paciência, amizade e contribuição no trabalho.

Ao professor Marco Antônio Gandolfo, pelo incentivo ao ingresso no curso e contribuição na realização deste trabalho.

Aos meu pais Ademir Alves e Marlene de Almeida Alves pelo incentivo, compreensão e amor dedicados a mim.

À Deus, pela disposição para o trabalho e busca de novos conhecimentos.

ALVES, Karina Aline. **Influência do fator de espalhamento e da forma de conservação na avaliação da cobertura em papéis hidrossensíveis**. 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

O objetivo foi avaliar o efeito de diferentes adjuvantes, produtos fitossanitários e associação de ambos sobre o fator de espalhamento em papel hidrossensível, e verificar se há variação na distribuição de gotas e cobertura de calda pulverizada em papel hidrossensível, usando diferentes métodos de conservação ao longo do tempo, com diferentes combinações de ponta de pulverização e pressão de trabalho. Foram realizados dois experimentos. No primeiro foi usado o delineamento fatorial 4 x 5 (três produtos fitossanitários+água e quatro adjuvantes+água), com 3 repetições. As variáveis analisadas foram o comprimento e a largura de cada uma das manchas geradas pelas gotas e, posteriormente calculado o diâmetro médio de cada gota e o fator de espalhamento das mesmas. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste tukey em nível de significância de 5%. A adição dos produtos fitossanitários testados, em caldas de pulverização, não alterou o fator de espalhamento das mesmas sobre papel hidrossensível. A adição de adjuvantes em caldas de pulverização alterou o fator de espalhamento das mesmas sobre papel hidrossensível fazendo com que as manchas geradas pelas gotas sejam maiores que aquelas oriundas de caldas com produtos fitossanitário ou água. No segundo experimento, foi feita a pulverização com água sobre papéis hidrossensíveis, em fatorial 4 x 3, quatro condições de aplicação (duas pontas e duas pressões) e três métodos de conservação (recipiente plástico hermético com sílica, caixa de isopor e condição ambiente), com medidas repetidas no tempo: 3 avaliações (0, 5, e 144 horas após a aplicação), 5 repetições. Foi feita análise de cobertura, densidade de gotas, diâmetro mediano numérico e volumétrico, e amplitude relativa, comparados pela análise de variância e teste tukey em nível de significância de 5%. Ao longo do tempo há redução do diâmetro mediano volumétrico e numérico, e da percentagem de cobertura nos papéis hidrossensíveis. Os métodos de conservação testados não influenciam as alterações de distribuição de gotas e cobertura ocorridas nas condições climáticas testadas.

Palavras-chave: Pulverização. Adjuvante. Produto fitossanitário. Método de avaliação. Espectro de gotas.

ALVES, Karina Aline. **Influence of scattering factor and conservation method in the assessment of coverage on water sensitive papers**. 2013. 51 f. Master's Dissertation – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of different adjuvants, pesticides and combination of both on the spreading factor in water sensitive paper, and check if there is variation in the distribution of spray droplets and spray coverage on water sensitive paper using different methods of conservation along of time with different combinations of spray nozzles and work pressure. Two experiments were conducted. At first, we used the 4 x 5 factorial design (three pesticides + water + water adjuvants and four), with 3 repetitions. Variables analyzed were the length and width of each of the spots produced by the droplets and subsequently calculated the average diameter of each drop and the same spreading factor. Data were subjected to analysis of variance and then the tukey test at a significance level of 5%. The addition of pesticides tested in spray solution did not change the spreading factor on water sensitive paper. The addition of adjuvants in spray solution changed the spreading factor on water sensitive paper causing staining larger than those from pesticides or with water. The second experiment was done with water spraying on water sensitive paper in 4 x 3 factorial, four application conditions (two spray nozzles and two pressures) and three conservation methods (plastic container with silica, styrofoam box and environmental conditions) with repeated measures in time: 3 evaluations (0, 5, and 144 hours after application), 5 repetitions. The variables analyzed were: coverage, droplet density, volume and number median diameter, and relative amplitude compared by analysis of variance and tukey test at a significance level of 5%. Over time there is a reduction of the volume median diameter and number, and the percentage of coverage on water sensitive paper. Preservation methods tested did not influence the changes of distribution and coverage drops occurred in climatic conditions tested.

Keywords: Spray. Adjuvant. Pesticide. Evaluation method. Droplet spectrum.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Descrição dos produtos fitossanitários e/ou adjuvantes testados em cada tratamento em experimento para avaliação do fator de espalhamento, Londrina - PR, 2012.....25
- Tabela 3.2** – Descrição dos agroquímicos e adjuvantes, ingrediente ativo, classe de uso, formulação e respectivas concentrações testadas nas avaliações de espalhamento de gotas em papel hidrossensível, Londrina - PR, 201226
- Tabela 3.3** – Diâmetro médio de manchas causadas por gotas de tamanho conhecido, 725,56 µm de diâmetro, sobre papel hidrossensível utilizando caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. Londrina - PR, 2012⁽¹⁾29
- Tabela 3.4** – Fator de espalhamento de gotas de tamanho conhecido, 725,56 µm de diâmetro, sobre papel hidrossensível utilizando caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. Londrina - PR, 2012⁽¹⁾30
- Tabela 4.1** – Médias de diâmetro mediano numérico e volumétrico, amplitude relativa, cobertura e densidade de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível, mensuradas logo após a pulverização, Londrina - PR, 2011⁽¹⁾38
- Tabela 4.2** – Médias da variação percentual de cobertura de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível com pontas de jato plano TR e LD 100 015, em diferentes pressões, 138 e 207 kPa, ao longo do tempo, Londrina - PR, 201139
- Tabela 3** – Médias de variação numérica de diâmetro mediano numérico e volumétrico de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível, ao longo do tempo, Londrina - PR, 2011⁽¹⁾41
- Tabela 4.4** – Data, horário, temperatura e umidade realiva do ar no momento da digitalização dos papéis hidrossensíveis e médias diárias, Londrina - PR, 201142

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** – Papéis hidrossensíveis expostos a volumes crescentes de aplicação, da esquerda para a direita. Fonte: Programa INTA, 200219
- Figura 3.1** – Gota depositada sobre papel hidrossensível antes (esquerda) e depois (direita), da utilização do recurso de segmentação automática no programa Motic Imagens Plus 2.0, com finalidade de delimitar os limites da mancha, Londrina – PR, 201227
- Figura 3.2** – Fórmulas usadas para calcular o fator de espalhamento e o diâmetro das gotas. Fonte: Chaim et al, 1999.....28
- Figura 3.3** – Modelo usado para determinar o fator de espalhamento de gotas em papel hidrossensível. Fonte: Pessoa e Chaim (1999).....30
- Figura 4.1** – Disposição dos papéis hidrossensíveis sobre a parcela antes da pulverização. Londrina – PR, 201136
- Figura 4.2** – Distribuição de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível com ponta de jato plano LD 100 015, pressão de trabalho de 138 kPa, logo após a aplicação (esquerda) e 6 dias após a aplicação (direita), Londrina - PR, 201140

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 11 |
| 2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS..... | 11 |
| 2.2 ADJUVANTES E ATRIBUTOS FÍSICO QUÍMICOS DA CALDA..... | 13 |
| 2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE APLICAÇÕES POR VIA LÍQUIDA..... | 16 |
| 2.3.1 Papel Hidrossensível..... | 17 |
| 3 ARTIGO A: ESPALHAMENTO DE DIFERENTES CALDAS SOBRE PAPEL HIDROSSENSÍVEL | 21 |
| 3.1 RESUMO E ABSTRACT..... | 21 |
| 3.2 INTRODUÇÃO..... | 22 |
| 3.3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 24 |
| 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 28 |
| 3.5 CONCLUSÕES..... | 31 |
| 4 ARTIGO B: CONSERVAÇÃO DE DADOS EM PAPEL HIDROSSENSÍVEL SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE PULVERIZAÇÃO | 33 |
| 4.1 RESUMO E ABSTRACT..... | 32 |
| 4.2 INTRODUÇÃO..... | 34 |
| 4.3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 35 |
| 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 38 |
| 4.5 CONCLUSÕES..... | 43 |
| 5 CONCLUSÕES GERAIS | 44 |
| REFERÊNCIAS | 46 |

1 INTRODUÇÃO

A agricultura não consiste unicamente em um mecanismo de produção de alimentos. Ela também assume papel de importância na produção de energia, no fornecimento de matéria prima para indústrias têxteis, fabricação de cosméticos e medicamentos, na produção animal, entre outros.

Para suprir todas essas demandas, novas tecnologias são desenvolvidas a fim de possibilitar o aumento da produtividade. Nesse aspecto, os produtos fitossanitários tornam-se grandes facilitadores desse modelo agrícola, no controle de pragas, doenças e plantas invasoras.

No entanto, muitas vezes são adicionados adjuvantes à calda de pulverização, com a finalidade de melhorar a eficiência do produto ou reduzir perdas na aplicação. Os adjuvantes podem ainda ser adicionados ao produto fitossanitário em seu processo de formulação, sendo capaz de alterar as características físico-químicas da calda modificando o processo de formação de gotas.

Diversos são os métodos que podem ser usados para se avaliar qualitativamente uma aplicação, dentre eles pode-se citar a avaliação de cobertura feita com uso de papel hidrossensível, constituindo-se em uma importante metodologia, pois é relativamente fácil de ser usada no campo, em diversas culturas.

O papel, originalmente amarelo, quando entra em contato com a gota pulverizada sofre uma mudança de cor para azul. O contraste de cores entre as manchas azuis, ocasionadas pelas gotas, com o fundo amarelo permite determinar parâmetros usados com indicativos de qualidade de uma aplicação de agroquímicos, como porcentagem de cobertura, número de gotas por área, diâmetro mediano volumétrico e numérico, e eficiência da aplicação.

A gota, ao entrar em contato com o papel, imprime sobre este uma mancha de diâmetro maior que o diâmetro original da gota, quando a mesma encontrava-se em suspensão no ar. A relação entre o diâmetro da mancha impressa sobre a superfície onde a gota se deposita e o seu diâmetro real dá-se o nome de fator de espalhamento.

Pouco se sabe como os adjuvantes, adicionados à calda de pulverização, ou mesmo acrescentados na formulação dos produtos, alteram o fator de espalhamento das gotas sobre o papel hidrossensível.

Além disso, para uma correta avaliação e interpretação dos dados coletados no papel hidrossensível em uma pulverização é necessário que seja feita uma correta avaliação das manchas. Entretanto, no intervalo de tempo entre a coleta do papel hidrossensível no campo e a digitalização da sua imagem no laboratório, dependendo do meio de conservação usado para armazená-lo, pode ocorrer a contaminação desse papel pela umidade do ambiente, fazendo com que a informação coletada seja alterada nesse intervalo de tempo.

O objetivo do trabalho foi avaliar o fator de espalhamento e cobertura sobre papel hidrossensível, com variações na composição da calda, nos métodos de conservação do papel, nos tipos de pontas e pressão de trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O setor agrícola é responsável por suprir a crescente demanda de alimentos e energia com sua produção, principalmente no fornecimento de matérias primas para indústrias. Portanto deve aperfeiçoar seu potencial produtivo para atender esta realidade e reduzir os impactos ambientais prejudiciais (TEIXEIRA et al, 2010).

Carvalho (2005) e Costa (2009) afirmam que sem o uso de produtos fitossanitários a produção de alimentos no mundo sofreria redução de 40% a 45% e o custo da alimentação seria acrescido de 50% a 75%.

Considerando o modelo agrícola altamente sustentado pela aplicação de produtos fitossanitários, e a constante preocupação com os custos de produção e a segurança ambiental, é necessário que o uso desses produtos seja feito de forma segura com uso de técnicas que sejam eficientes e atendam a essas necessidades da melhor maneira possível (SIMÕES et al, 2009).

Entretanto, no controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas, dá-se muita importância ao produto e pouca atenção à técnica de aplicação. A consequência é a perda de eficiência, quando não a ineficácia do tratamento, que levam a perda de rentabilidade e danos ao ambiente (CUNHA e RUAS, 2006).

2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

O uso dos produtos fitossanitários na agricultura modificou a forma de produzir, tornando-se facilitadores no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Se por um lado, houve aumento significativo da produtividade, por outro, a agricultura moderna passa a ser altamente dependente de insumos químicos (SOUZA et al., 2011).

No entanto, não basta conhecer o produto a ser aplicado. É fundamental conhecer a forma de aplicação e garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, pois a eficácia do controle químico depende da ação dos agentes químicos e de fatores inerentes ao momento biológico de controle, à cobertura e deposição do produto em diferentes extratos do dossel e faces foliares da cultura e

sua uniformidade de distribuição sobre o alvo (MATTHEWS, 2008; PALLADINI, 2000).

Em virtude disso, Balan et al. (2005) afirmam que a aplicação fitossanitária é uma das técnicas mais estudadas no âmbito agrônomo, devido a sua inter-relação com as áreas de proteção de plantas (doenças, insetos e plantas daninhas) e ambiental (contaminação por deriva).

Muitas vezes as aplicações produzem o efeito desejado, porém, de forma pouco eficiente, pela não utilização das técnicas ou equipamentos mais adequados. Sendo que a adequação dessas técnicas e equipamentos pode implicar em redução da quantidade de ingrediente ativo lançada no ambiente (CUNHA et al., 2004).

As perdas por deriva além de prejuízos, devido ao desperdício de produto que não atinge o alvo e danos a culturas sensíveis adjacentes, podem causar contaminação de alimentos, do ar, recursos hídricos e efeitos prejudiciais à saúde e segurança do ser humano, rebanhos bovinos e outras criações (OZKAN, 2011).

Chaim et al. (1999) constataram valores de perdas, sejam elas por escorrimento, carregamento ou evaporação, de até 70% do volume aplicado na cultura do tomate. Matuo (1988) verificou derivas superiores a 50% na cultura de citros.

Isso gera uma baixa eficiência dos tratamentos químicos, aumentando os custos de produção e utilização volumes excessivos, resultando em maiores perdas devido a rendimentos menores (POLLACK, 2006; MARTINEZ QUINTANA, 2006; SANCHEZ HERMOSILLA, 2007). Além do prejuízo resultante da perda de produtos fitossanitários e dos danos às culturas adjacentes, a deriva assume grande importância por causa da conscientização da população, nos últimos anos, em relação à saúde e ao meio ambiente (GIL e SINFORT, 2005).

Diante disso, o estudo e desenvolvimento de tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários pode possibilitar melhores índices de eficiência de controle, que estão diretamente relacionados com a qualidade da aplicação (BAUER e RAETANO, 2000).

2.2 ADJUVANTES E FATORES FÍSICOS QUÍMICOS DA CALDA

De maneira geral existem quatro fatores básicos que influem na qualidade de uma aplicação: o produto, que tem que ser o mais adequado e específico para o objeto a ser controlado; o momento da aplicação deve ser o qual o alvo esteja mais exposto e mais sensível à ação do produto; a máquina, que é aquela que produz a aplicação, distribuindo melhor o produto sobre a área ser protegida; e as condições climáticas que devem favorecer a menor ocorrência possível de deriva (CHRISTOFOLETTI, 1992).

Pessoa e Chaim (1999), citam ainda que o tamanho da gota produzida pela ponta de pulverização, a velocidade do vento, a taxa de evaporação das gotas, a umidade relativa do ar e aditivos de calda também interferem.

Segundo Holloway (1994), quando as gotas de pulverização impactam as folhas, essas podem ser retidas, refletidas ou fragmentar-se em gotas menores, dependendo principalmente de seu tamanho, sua velocidade e das propriedades físico-químicas intrínsecas à calda e da característica da superfície foliar. As propriedades, intrínsecas às gotas, estão intimamente relacionadas aos componentes da formulação, com destaque à quantidade de adjuvantes na composição de cada produto, ou acrescidos à calda no momento da pulverização.

A água é o veículo mais importante para a aplicação de produtos fitossanitários. No entanto, devido a elevada tensão superficial ($72,6 \text{ mN.m}^{-1}$) apresenta baixa capacidade de retenção quando aplicada sobre alvos com superfícies cerosas e hidrófobas, como a cutícula das plantas, tendendo a formar gotas esféricas. Assim, em muitas aplicações de produtos fitossanitários se faz necessário o uso de substâncias que amenizem essa característica da água ou que proporcione melhor colocação do produto sobre o alvo, reduzindo a tensão superficial e aumentando a área de contato das gotas, e dessa forma melhorando a absorção de produtos.

No caso da água, em superfícies cerosas a área de contato da gota tende a ser menor devido ao fato da gota assumir uma forma esférica formando um maior ângulo de contato com o alvo. Em substâncias com baixa tensão superficial é possível melhorar essa molhabilidade, ou mesmo formar um filme sobre o alvo (KISSMANN, 1997).

Kissmann (1998) afirma que, exceto a água, qualquer substância ou composto sem propriedade fitossanitária que é adicionado na formulação de um defensivo agrícola ou à calda de pulverização com a finalidade de facilitar a aplicação, aumentar a eficiência ou reduzir riscos, é classificado como adjuvante.

Os adjuvantes são divididos em dois grupos: os modificadores das propriedades de superfície dos líquidos (surfatantes, espalhante, umectante, detergentes, dispersantes e aderentes, entre outros) e os aditivos (óleo mineral ou vegetal, sulfato de amônio e uréia, entre outros) que afetam a absorção devido à sua ação direta sobre a cutícula. Os adjuvantes disponíveis no mercado atualmente podem desempenhar inúmeras funções, sendo comum um produto apresentar mais de uma função (VARGAS e ROMAN, 2006).

A adição dessas substâncias à calda de pulverização ou mesmo aqueles que já estão presentes nas formulações dos produtos fitossanitários podem interferir no processo de subdivisão do líquido em gotas, conhecido como pulverização, influenciando no potencial de deriva, na perda por escorrimento e na cobertura do alvo. Trata-se de um processo complexo, influenciado por diversos fatores, como o tipo de equipamento de pulverização empregado e as propriedades físico-químicas da calda (CUNHA et al., 2003).

Ao atingir a superfície foliar a gota sofre interação. Neste processo incluem a adesão, a área de molhamento, o ângulo de contato, a retenção foliar e algumas vezes dissolução da cera epicuticular (MENDONÇA, 2003).

O molhamento, a tensão superficial, o balanço hidrofílico-lipofílico (BHL), a concentração micelar crítica, o pH, a estrutura química, a solubilização, o depósito, a fotoproteção, os íons trocáveis, a dose e a fitotoxicidade são algumas propriedades dos adjuvantes que influenciam na atividade biológica do produto fitossanitário. (GREEN e HAZEN, 1998)

O uso correto dos adjuvantes pode aumentar significativamente o desempenho do produto aplicado, reduzindo o processo de deriva. Porém, o aumento na eficiência da aplicação do produto fitossanitário pode causar um aumento do impacto ambiental. Isto é possível pela presença da molécula do adjuvante no ambiente e também pela influência do adjuvante no resíduo final do agrotóxico. Com o emprego dos adjuvantes, os períodos de carência devem ser reestudados, em função do aumento dos resíduos dos produtos nos vegetais (RYCKAERT et al., 2007).

Vale ressaltar ainda que cada produto fitossanitário já possui seus próprios adjuvantes na formulação, e o uso indiscriminado de outros adjuvantes no momento da aplicação pode resultar em efeitos antagônicos ao seu desempenho, ou não trazer benefício algum. Por estes motivos, o uso de aditivos de calda não deve ser feito de forma aleatória. Deve ser precedido de um rigoroso estudo das reais necessidades no sistema de aplicação e das consequências de sua utilização, visando os efeitos benéficos do emprego desta tecnologia (QUEIROZ et al, 2008).

Segundo Boller (2007), a evaporação deve merecer maior atenção quando se adota baixos volumes de aplicação. Neste caso, a adição de óleo ou de outros aditivos anti-evaporantes à calda pode ser uma alternativa importante para prolongar a duração das gotas e reduzir os riscos de perdas das mesmas por evaporação, antes que estas cheguem ao alvo.

Ainda não está claramente estabelecida a real necessidade de uso de adjuvantes em pulverizações. Em muitos casos, a recomendação vai além das características da calda que estes produtos costumam modificar, necessitando de uma avaliação do alvo da pulverização, das condições edafoclimáticas e dos equipamentos utilizados na aplicação. Assim, estudos detalhados sobre a ação desses produtos na melhoria da eficácia biológica, manutenção da eficácia sob condições adversas, redução das perdas e contaminação ambiental são indispensáveis quando se busca maior retorno econômico (COMBELLACK, 1995).

Os surfactantes siliconados, em solução aquosa, foram mais eficientes na redução da tensão superficial e proporcionaram maior molhamento de superfícies natural e artificial. Em alvos naturais, os maiores níveis de molhamento com soluções aquosas foram obtidos através das menores tensões superficiais e ângulos de contato das gotas, porém essa propriedade é dependente das características da superfície das espécies vegetais (IOST E RAETANO, 2007).

Salyani e Cronwell (1992) constataram que a seleção da ponta de pulverização e o volume de aplicação têm significativo efeito sobre a deriva. Cunha et al. (2003) verificaram que a adição de óleo vegetal na calda de aplicação ou a utilização de ponta de pulverização dotada de pré-orifício (ADI 11002) aumentaram o tamanho das gotas e reduziram a deriva em aplicações de fungicidas na cultura do feijão, em relação aos resultados obtidos com uma ponta convencional (API-11002), sem o uso do óleo vegetal.

O fator de espalhamento de uma substância está intimamente relacionado à capacidade de molhamento do alvo, sendo determinado por meio da relação entre o diâmetro da gotícula ao depositar-se sobre determinada superfície e o diâmetro real dessa gota quando em suspensão durante sua queda até atingir o alvo (CORRÊA e HELD 1982).

Sobre papel hidrossensível sabe-se que o fator de espalhamento é influenciado pela temperatura da calda, e ainda pelo tamanho das gotas. A elevação da temperatura, assim como o aumento do tamanho das gotas, tende a aumentar o fator de espalhamento sobre papel hidrossensível (SYNGENTA, 2007).

Mendonça (2003) ao avaliar a área de molhamento de diferentes caldas de pulverização na superfície de folhas de angiquinho e capim arroz, plantas daninhas de importância na cultura do arroz, observou que soluções de Ally + Natur'l Óleo produzem áreas de molhamento menores que Ally + Assist, e ambas maiores do que os valores obtidos com aplicação de água destilada. Esse efeito enfatiza a importância da avaliação da área de molhamento de misturas de produtos com adjuvantes, visto que avaliações isoladas de aplicações com água, formulações comerciais de produtos ou adjuvantes não preveem os efeitos obtidos na mistura destes.

Outro fator que pode influenciar no molhamento é o tipo de superfície onde a calda é pulverizada. Iost e Raetano (2010) ao avaliar o efeito de adjuvantes sobre a tensão superficial e o ângulo de contato de soluções aquosas em superfícies naturais e artificiais, obtiveram maiores níveis de molhamento em soluções aquosas nas menores tensões superficiais e ângulos de contato das gotas, porém ressaltaram que essa propriedade é dependente das características da superfície das espécies vegetais.

2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE APLICAÇÕES POR VIA LÍQUIDA

Existem vários métodos para aplicação de produtos fitossanitários, que podem ser agrupados em aplicações por via sólida, líquida e gasosa sendo a mais utilizada a via líquida, que pode ser feita na forma de gotas (pulverização), na forma de filete líquido (rega ou injeção) ou então na forma de gotas com tamanho bastante reduzido (nebulização) (RAMOS e PIO, 2008).

A escolha do método para avaliar a eficiência e qualidade de uma aplicação deve basear-se na precisão e exatidão, sensibilidade, reprodutividade e rapidez o suficiente para permitir a realização do número de amostras necessárias nos estudos (PALLADINI, 2000).

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 coberta pela aplicação. Como exemplo de ensaios de deposição, pode-se descrever a cromatografia e a medição de condutividade elétrica em aplicação de calda acrescida de sais. Em ensaios de cobertura, pode-se utilizar papéis hidrossensíveis, papel kromekote, marcadores, corantes e placas de petri (NASCIMENTO, 2011).

No estudo da pulverização, parâmetros como área coberta, densidade, amplitude relativa e potencial de deriva e evaporação, podem ser avaliados. Para qualquer análise, entretanto, a primeira providência é coletar amostras das gotas. Para tanto, deve-se ter uma superfície suscetível de ser marcada, seja através de formação de manchas, crateras ou outro fenômeno visível. Dentre as várias técnicas existentes para este fim, a utilização de papel hidrossensível é, hoje, a mais empregada, devido à sua praticidade (RAMOS, 2000).

A medição da deposição da pulverização pode ser feita tanto nas plantas alvo ou em alvos artificiais (FOX ET AL., 2001), sendo que os padrões de distribuição, deposição e cobertura da aplicação estão diretamente relacionados à sua eficácia no controle de pragas e planta daninhas (SALYANI E FOX, 1994).

2.3.1 Papel Hidrossensível

Para avaliação de uma pulverização, é comum o uso de tiras de papel sensível à água, ou a óleo, 76 x 26 mm, sobre as quais é aplicado o produto em uso, ficando destacados, em coloração distinta da original, apenas os pontos que receberam gotas do produto, possibilitando visualizar e constatar distribuição de gotas, densidade de gotas e dimensionamento de gotas, e pode ser usado tanto para pulverizações aéreas quanto terrestres.

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 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).

São usados com frequência para avaliação de pulverizações por pesquisadores de diversas áreas relacionadas à aplicação de produtos fitossanitários (BUENO et al., 2011; YAMAUTI et al., 2012; LENZ et al., 2011; MAGNO JÚNIOR et al., 2011). Além disso, tem como vantagem a facilidade de colocação junto à folhas em qualquer parte da copa da planta ou alvo biológico (HOFMANN e HEWITT, 2004).

Com auxílio de microscópios ou scanners ligados a programas de análise de imagem é possível determinar o diâmetro mediano volumétrico e numérico, densidade de gotas e cobertura em pulverizações terrestres e aéreas sendo que os padrões de distribuição e cobertura da calda pulverizada estão diretamente relacionados à sua eficácia no controle agentes causadores de danos às culturas (ANTUNIASSI, 2009).

O fator de espalhamento padrão considera a água como solvente, entretanto, cada solução possui características diferentes, devido à adição de adjuvantes, como surfactantes, requerendo um fator de espalhamento customizado (FRITZ et al., 2009).

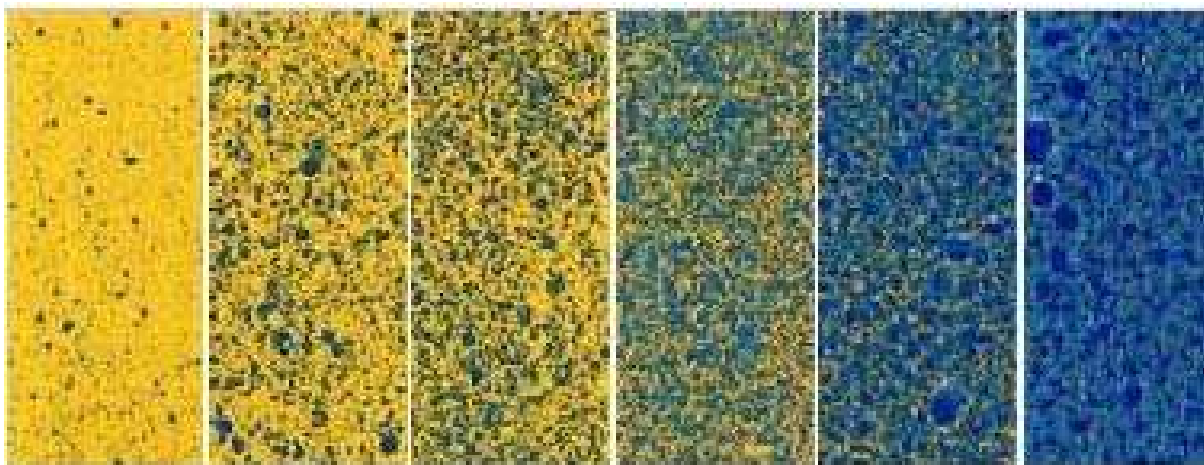
Em ensaios com aplicações diretamente nos papéis com taxa de aplicação superior a 100 litros por hectare, ou 200 litros por hectare em aplicação indireta, o número de gotas por unidade de área que atingem o papel pode ser tão grande que as mesmas se interpolam, causando manchas contínuas que distorcem a interpretação do tamanho das gotas, dificultando ou mesmo impossibilitando a análise (FOX et al., 2001; DEGRÉ et al., 2001).

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. Fox et al. (2001), considera aplicações que proporcionem níveis de cobertura superiores a 20% tendem a favorecer a sobreposição de gotas em papel hidrossensível.

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 e HEWITT, 2004) ou 80 micra, como descrito por Salyani e Fox (1999). Exemplos de imagens de papéis hidrossensíveis podem ser vistos na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Papéis hidrossensíveis expostos a volumes crescentes de aplicação, da esquerda para a direita. Fonte: Programa INTA, 2002.



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.

O processo de captura das imagens tem que ser de boa resolução para considerar gotas muito pequenas (de 30 a 75 micrometros). Sendo que, a maioria dos processos disponíveis capturam gotas de tamanhos superiores a 75 micrometros (PESSOA e CHAIM, 1999).

O papel hidrossensível possui limitação de uso em ambientes de alta umidade, acima de 85%, pois essa faz que toda sua superfície se torne azul, impossibilitando seu uso (TURNER e HUNTINGTON, 1970).

Em sua embalagem original, pode ser armazenado por 10 anos, desde que a vedação permaneça intacta. Depois que expostos à água, os papéis sensíveis também podem ser protegidos com uma fina incolor fita adesiva ou aerossóis de resina incolor sintético. O valor de pH da resina deve ser na faixa de 4,5 a 6,0.

Deve-se considerar ainda que há um intervalo de tempo entre a coleta do papel hidrossensível no campo e a digitalização da sua imagem no laboratório. E, como o papel hidrossensível pode ser 'contaminado' pela umidade do ambiente, os dados coletados podem ser distorcidos nesse intervalo de tempo, em razão da umidade do ar ou das condições em que é armazenado.

3 ARTIGO A

FATOR DE ESPALHAMENTO DE DIFERENTES CALDAS EM PAPEL HIDROSSENSÍVEL

3.1 RESUMO E ABSTRACT

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes adjuvantes, produtos fitossanitários e associação de ambos sobre o fator de espalhamento em papel hidrossensível. Foi usado o delineamento fatorial 4 x 5 (produtos fitossanitários + água e adjuvantes + água), com 3 repetições. Cada parcela constituiu-se de um papel hidrossensível, de dimensões 76 x 26 mm, sobre o qual foram depositadas quinze gotas com volume de 0,2 µL cada, usando uma micropipeta volumétrica, 0,2 a 1,0 µL. As diferentes caldas de pulverização foram compostas de produtos fitossanitários e adjuvantes isoladamente, associação de produto com adjuvante e uma testemunha com água destilada. As variáveis analisadas foram o comprimento e a largura de cada uma das manchas geradas pelas gotas e, posteriormente calculado o diâmetro médio de cada gota. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste Tukey em nível de significância de 5%. A adição dos produtos fitossanitários testados, em caldas de pulverização, não alterou o fator de espalhamento das mesmas sobre papel hidrossensível fazendo com que as manchas geradas pelas gotas fossem semelhantes às manchas causadas pela água. A adição de adjuvantes em caldas de pulverização alterou o fator de espalhamento das mesmas sobre papel hidrossensível fazendo com que as manchas geradas pelas gotas sejam maiores que aquelas oriundas de caldas com produtos fitossanitário ou água.

Palavras chave: Pulverização. Adjuvante. Produto fitossanitário. Método de avaliação.

SPREADING FACTOR IN DIFFERENT SPRAY SOLUTION ON WATER SENSITIVE PAPER

The aim of this study was to evaluate the effect of different adjuvants, pesticides and combination of both on the spreading factor in water sensitive paper. Factorial design was used 4 x 5 (pesticides + water and adjuvants + water), with 3 repetitions. Each plot consisted of a water sensitive paper, of dimensions 76 x 26 mm, on which were deposited fifteen drops with a volume of 0.2 μL each, using a volumetric pipette, 0.2 to 1.0 μL . The different spray solution were composed of pesticides and adjuvants alone, Association Product adjuvanted and a control with distilled water. The variables were the length and width of each of the spots generated by the droplets and thereafter calculated the median diameter of each drop. Data were subjected to analysis of variance and later the Tukey test at a significance level of 5%. The addition of pesticides tested in spray solution did not change the spreading factor about the same water sensitive paper causing stains generated by the droplets were similar to those stains caused by water. The addition of adjuvants in the spray solution changed the spreading factor about the same water sensitive paper causing stains generated by the droplets are larger than those derived from pesticides on spray solution or water.

Keywords: Spray adjuvant. Plant product. Method of evaluation.

3.2 INTRODUÇÃO

O sucesso de uma aplicação de produtos fitossanitários depende da sinergia entre fatores como o tamanho de gotas, tipo de ponta, pressão, volume, momento da aplicação, condições ambientais e composição da calda (CUNHA et al., 2010).

No entanto, o ingrediente ativo raramente é aplicado em sua forma pura. Normalmente são adicionadas substâncias ao processo de formulação do produto fitossanitário ou no preparo da calda, denominadas adjuvantes, com objetivo de aumentar a eficiência ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação ou minimizar possíveis problemas (CONTIERO, 2005).

Kissmann (1998) afirma que os adjuvantes podem desempenhar diversas funções na aplicação de defensivos: quelatizantes e acidificantes, redutores de PH, surfactantes, ativadores nitrogenados, espalhantes adesivos, antiespumantes, rebaixadores de fitotoxicidade, antievaporantes, espessantes, filtros solares, ou mesmo associar múltiplas funções.

O processo de formação de gotas pode ser alterado pelo uso de certas formulações e pela adição dessas substâncias, pois alteram as características

físico-químicas da calda, podendo inclusive interagir com os componentes aplicados e afetar negativamente o resultado da aplicação (ANTUNIASSI, 2006).

O molhamento, a tensão superficial, o balanço hidrofílico-lipofílico (BHL), a concentração micelar crítica, o pH, a estrutura química, a solubilização, o depósito, a fotoproteção, os íons trocáveis, a dose e a fitotoxicidade são algumas propriedades dos adjuvantes, relacionadas por Green e Hazen (1998), que influenciam na atividade biológica do produto fitossanitário.

Mendonça (2003) ao avaliar a área de molhamento de diferentes caldas de pulverização na superfície de folhas de angiquinho e capim arroz, plantas daninhas de importância na cultura do arroz, observou que soluções de Ally + Natur'l Óleo produzem áreas de molhamento menores que Ally + Assist, e ambas maiores do que os valores obtidos com aplicação de água destilada. Esse efeito enfatiza a importância da avaliação da área de molhamento de misturas de produtos com adjuvantes, visto que avaliações isoladas de aplicações com água, formulações comerciais de produtos ou adjuvantes não preveem os efeitos obtidos na mistura destes.

Outro fator que pode influenciar no molhamento é o tipo de superfície onde a calda é pulverizada. Iost e Raetano (2010) ao avaliar o efeito de adjuvantes sobre a tensão superficial e o ângulo de contato de soluções aquosas em superfícies naturais e artificiais, obtiveram maiores níveis de molhamento em soluções aquosas nas menores tensões superficiais e ângulos de contato das gotas, porém ressaltaram que essa propriedade é dependente das características da superfície das espécies vegetais.

À relação entre o diâmetro da gotícula ao depositar-se sobre determinada superfície e seu diâmetro real dessa gota, dá-se o nome de fator de espalhamento (CORRÊA e HELD 1982). Chaim et al. (1999) alertam que esse fator, o alvo de amostragem, o número de classes que as gotas são classificadas determinam a precisão dos resultados de recuperação de deposição por análises de gotas.

Para avaliação do depósito de calda de pulverização, há diversas opções de metodologia utilizando alvos artificiais: lâminas de vidro, papéis hidrossensíveis ou kromekote (KISSMANN, 1998). Nestes casos, é importante que o fator de espalhamento da superfície coletora da pulverização seja uniforme.

Sabe-se que, em papel hidrossensível, esse fator varia de acordo com classe de tamanho de gotas e a umidade relativa ambiente (CHAIM et al., 1999). Entretanto, existem poucos trabalhos sobre interferência do uso de adjuvantes sobre esse fator e como isso pode afetar a interpretação dos dados obtidos em determinada avaliação de uma pulverização.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes adjuvantes, produtos fitossanitários e associação de ambos sobre o fator de espalhamento em papel hidrossensível.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em laboratório de fitotecnia da Universidade Estadual de Londrina – UEL, na cidade de Londrina, Paraná. Os estudos compreenderam a avaliação do fator de espalhamento em papel hidrossensível, obtidos em diferentes caldas de pulverização envolvendo adjuvantes e agroquímicos.

Foi usado o delineamento fatorial 4 x 5 (produtos fitossanitários + água e adjuvantes + água), Tabela 3.1, totalizando 20 tratamentos, com 3 repetições. Cada parcela constituiu-se de um papel hidrossensível, de dimensões 76 x 26 mm, sobre o qual foram depositadas quinze gotas com volume de 0,2 µL cada, usando uma micropipeta volumétrica, 0,2 a 1,0 µL.

Tabela 3.1 – Descrição dos produtos fitossanitários e/ou adjuvantes testados em cada tratamento em experimento para avaliação do fator de espalhamento, Londrina - PR, 2012.

| Tratamento | Produto ¹ | Tratamento | Produto |
|------------|-------------------------------|------------|--------------------------------|
| 1 | Água | 11 | Roundup Original + Assist |
| 2 | Roundup Original | 12 | Roundup Original + Óleo Nortox |
| 3 | Ópera | 13 | Ópera + Silwet 77 |
| 4 | Nomolt | 14 | Ópera + Break Thru |
| 5 | Silwet 77 | 15 | Ópera + Assist |
| 6 | Break Thru | 16 | Ópera + Óleo Nortox |
| 7 | Assist | 17 | Nomolt + Silwet 77 |
| 8 | Óleo Nortox | 18 | Nomolt + Break Thru |
| 9 | Roundup Original + Silwet 77 | 19 | Nomolt + Assist |
| 10 | Roundup Original + Break Thru | 20 | Nomolt + Óleo Nortox |

⁽¹⁾A citação dos produtos comerciais pelos autores não representa qualquer tipo de propaganda sobre as marcas citadas, sendo os produtos mencionados exclusivamente por motivo científico.

As diferentes caldas de pulverização foram compostas de produtos fitossanitários e adjuvantes isoladamente, associação de produto com adjuvante e uma testemunha com água destilada. A descrição dos produtos e as respectivas doses testadas encontram-se na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Descrição dos agroquímicos e adjuvantes, ingrediente ativo, classe de uso, formulação e respectivas concentrações testadas nas avaliações de espalhamento de gotas em papel hidrossensível, Londrina - PR, 2012.

| Nome Comercial | Ingrediente Ativo | Especificação de uso ⁽¹⁾ | Formulação ⁽²⁾ | Dose ⁽³⁾ (ml.100L ⁻¹) |
|---------------------|---|-------------------------------------|---------------------------|--|
| Roundup Original | Glifosate | Herbicida | SL | 3000 ml |
| Opera | piraclostrobina + epoxiconazol | Fungicida | SE | 1500 ml |
| Nomolt | Teflubenzurom | Inseticida | SC | 250 ml |
| Silwet 77 | heptametiltrisiloxano + éter metil aliloxipolietilenoglicol | Espalhante Adjuvante | DC | 100 ml |
| Break thru | copolímeropoliéter-polimetilsiloxano | Espalhante adesivo não iônico | SL | 100 ml |
| Assist | óleo mineral | Adjuvante óleo mineral | EC | 2000 ml |
| Óleo Vegetal Nortox | óleo vegetal | Adjuvante óleo vegetal | EC | 2000 ml |

⁽¹⁾Descrição de uso recomendado pelo fabricante de acordo com instruções contidas na bula dos produtos. ⁽²⁾ SL: Concentrado solúvel; DC: Concentrado dispersível; EC: Concentrado emulsionável; SE: Suspo emulsão; SC: Suspensão concentrada. ⁽³⁾ Dose dos produtos calculada baseando-se em uma taxa de aplicação de 100 L.ha⁻¹.

O ambiente onde foi realizado o ensaio era climatizado com ar condicionado para manter a temperatura e umidade ambiente constante. Monitoradas com um termohigrômetro modelo Kestrel 3000 no momento inicial e a cada 30 min durante a realização do experimento. Todas as operações que envolvam o manuseio dos papéis hidrossensíveis foram feitas com uso de luvas tipo látex, para evitar contaminação por umidade.

Foram preparados 100 ml de calda, acrescidas ou não de herbicida e/ou adjuvante, dependendo do tratamento, cerca de cinco minutos antes da sua utilização, sendo sempre agitadas antes de cada aplicação.

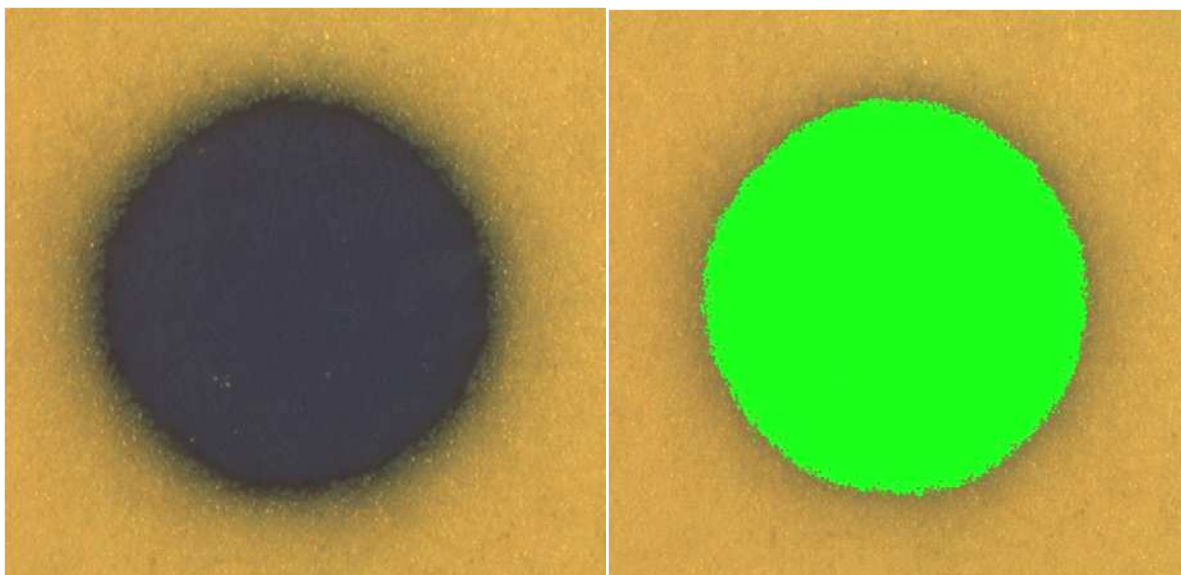
A micropipeta usada para a produção de gotas de tamanho conhecido é da marca Pipetman[®] foi mantida sempre na mesma posição, formando um ângulo perpendicular o alvo da aplicação (papel hidrossensível), sendo esta aproximada lentamente do papel até que a gota formada em sua ponta entra-se em contato com o papel. Após a deposição das gotas, os papéis hidrossensíveis foram

mantidos em condição ambiente até que estivessem totalmente secos, aproximadamente 5 min.

Cada uma das gotas foi digitalizada individualmente com auxílio de uma câmera de vídeo digital Moticam 2300[®] acoplada a uma lupa, na objetiva de uma vez de aumento. Foi usado ainda um sistema auxiliar de iluminação para garantir a qualidade das imagens obtidas.

Para delimitação padrão dos limites de cada mancha foi usado o recurso de segmentação automática disponível no programa Motic Imagens Plus 2.0[®], o qual destaca os limites exatos da gota com base em diferenças de tonalidades da mancha azul ocasionada pela gota e o fundo amarelo do papel hidrossensível, Figura 3.1.

Figura 3.1 – Gota depositada sobre papel hidrossensível antes (esquerda) e depois (direita), da utilização do recurso de segmentação automática no programa Motic Imagens Plus 2.0, com finalidade de delimitar os limites da mancha, Londrina – PR, 2012.



As variáveis analisadas foram o comprimento e a largura de cada uma das manchas geradas pelas gotas e, posteriormente calculado o diâmetro médio de cada mancha. O fator de espalhamento foi calculado com base na Fórmula (a), Figura 3.2, assumindo que foi usado o mesmo volume para geração das gotas em todos os tratamentos, 0,2 μ L, e que todas as gotas assumam a forma esférica quando em suspensão no ar, gerando um diâmetro padrão para os tamanhos de

gotas em todos os tratamentos de 725,56 μm , calculado de acordo com, Fórmula (b).

Figura 3.2 – Fórmulas usadas para calcular o fator de espalhamento e o diâmetro das gotas. Fonte: Chaim et al, 1999.

$$(a) \quad \text{Fator de espalhamento} = \frac{\text{Diâmetro da mancha}(\mu\text{m})}{\text{Diâmetro da gota}(\mu\text{m})}$$

$$(b) \quad \text{Diâmetro da gota} (\mu\text{m}) = \sqrt[3]{\frac{\text{Volume da gota} (\mu\text{L}) \cdot 6}{\pi \cdot 10^{-9}}}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste Tukey em nível de significância de 5%, usando o programa estatístico Sisvar.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante condução do ensaio a temperatura e a umidade do local permaneceram constante em 22,4°C e 46%, respectivamente. Conforme pode ser observado na Tabela 3.3, a adição dos produtos fitossanitários testados não alterou o diâmetro médio das manchas. Já os adjuvantes aumentaram o diâmetro das manchas em aproximadamente 2,4 vezes.

Segundo Iost e Raetano (2007), a adição de adjuvantes à calda de pulverização tende a diminuir a tensão superficial da solução reduzindo o ângulo de contato entre a gota e a superfície das folhas, ocasionando uma maior área de contato entre ambas e conseqüentemente melhor cobertura. Quando caldas contendo adjuvantes são aplicadas sobre papel hidrossensível, também ocorre aumento do diâmetro das manchas formadas sobre papel hidrossensível em virtude do maior espalhamento da calda, assemelhando-se ao que ocorre em alvos reais.

Tabela 3.3 – Diâmetro médio de manchas causadas por gotas de tamanho conhecido, 725,56 µm de diâmetro, sobre papel hidrossensível utilizando caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. Londrina - PR, 2012⁽¹⁾.

| | | Adjuvantes | | | | |
|-----------------------------|---------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | | Água | Silwet | Break thru | Assist | Óleo Nortox |
| Produtos Fitossanitários | Água | 1531,55 Aa | 3311,92 Bab | 3512,09 Ba | 3702,56 Bbc | 3703,54 Bbc |
| | Roundup | 1879,18 Aa | 2526,76 ABa | 3557,10 Ba | 2326,31 Aa | 1996,11 Aa |
| | Ópera | 1844,96 Aa | 3811,92 BCb | 2967,82 Ba | 4532,56 Cc | 3970,18 BCc |
| | Nomolt | 1655,06 Aa | 4188,15 Cb | 3362,36 BCa | 3110,62 BCab | 2825,17Bab |
| CV (%) | | 36,82 | | | | |

⁽¹⁾Para cada variável, médias acompanhadas de mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Cada adjuvante quando adicionado a produtos fitossanitários distintos se comporta de maneira diferente dependendo da associação. Cunha et al. 2010, afirmam que o efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das soluções aquosas mostrou-se dependente de sua composição química e formulação, sendo de tamanha complexidade que torna-se inviável fazer generalizações. Segundo os autores, a tensão superficial foi a característica físico-química mais sensível ao uso de adjuvantes, confirmando os dados obtidos por Mendonça (2003), onde a associação de produtos fitossanitários e adjuvantes teve comportamento distinto ao observado em ambos isoladamente.

O valor de espalhamento obtido com a água, 2,11, Tabela 3.4, foi semelhante ao encontrado por Pessoa e Chaim (1999), 2,36, ao desenvolverem um modelo para obter o fator de espalhamento em função do diâmetro de leitura da mancha gerada pela gota sobre papel hidrossensível, Figura 3.1. A diferença entre os fatores encontrados nos dois trabalhos ocorreu devido ao fato que a umidade do ambiente e a temperatura também influenciam no fator de espalhamento (Syngenta, 2007). Quanto menor a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente, menor tende a ser o fator de espalhamento para a mesma substância, entretanto os

autores não informaram as condições ambientais em que o ensaio foi conduzido para que se pudesse fazer comparações.

Tabela 3.4 – Fator de espalhamento de gotas de tamanho conhecido, 725,56 µm de diâmetro, sobre papel hidrossensível utilizando caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. Londrina - PR, 2012⁽¹⁾.

| | | Adjuvantes | | | | |
|-----------------------------|---------|------------|----------|------------|-----------|-------------|
| | | Água | Silwet | Break thru | Assist | Óleo Nortox |
| Produtos Fitossanitários | Água | 2,11 Aa | 4,62 Bab | 4,84 Ba | 5,10 Bbc | 5,10 Bc |
| | Roundup | 2,59 Aa | 3,48 Aba | 4,90 Ba | 3,20 Aa | 2,7 Aa |
| | Ópera | 2,54 Aa | 5,25 BCb | 4,09 Ba | 6,24 Cc | 5,47 BCbc |
| | Nomolt | 2,28 Aa | 5,77 Cb | 4,63 BCa | 4,28 BCab | 3,89 Bab |
| CV (%) | | 36,82 | | | | |

⁽¹⁾Para cada variável, médias acompanhadas de mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 3.3 – Modelo usado para determinar o fator de espalhamento de gotas em papel hidrossensível. Fonte: Pessoa e Chaim (1999).

$$\text{Fator de espalhamento} = 0,8419 + 0,0001152 \cdot DL^1 + 0,1758 \cdot \ln(DL)$$

¹DL: Diâmetro de leitura da da mancha gerada pela gota sobre o alvo

A adição apenas de produtos fitossanitários não alterou o fator de espalhamento das gotas. Entretanto, vale ressaltar que outros produtos podem apresentar comportamentos distintos aos testados neste trabalho. Já a adição de adjuvantes alterou o fator de espalhamento em todos os tratamentos testados, sendo que o espalhante Break Thru foi o único que não alterou o fator com a adição dos produtos fitossanitários, quando comparado com o Água + Break Thru.

A adição de óleo Vegetal e Mineral (Assist e Óleo Nortox, respectivamente) acrescidos de glifosate (Roundup Original) ocasionou uma redução no fator de espalhamento, quando comparado com os tratamentos água + adjuvantes. Isso indica que nesse caso a adição desse adjuvante teve um efeito antagônico, pois tende a diminuir a área de contato do produto com o alvo. Carvalho

et al (2010), obtiveram sinergismo ao adicionar fontes nitrogenadas à calda de glifosate, aumentando o controle de *Digitaria insularis*, o que mostra que cada adjuvante tende a se comportar de maneira diferente dependendo da mistura de produto e adjuvante.

Essas alterações no fator de espalhamento de gotas sobre papel hidrossensível são de extrema importância dependendo do método usado para avaliação do papel hidrossensível, pois a análise feita com auxílio de microscópios ou scanners ligados a programas de análise de imagem consideram o fator de espalhamento da água como padrão. Isso pode subestimar ou sobrestimar alguns tratamentos dependendo do produto que foi utilizado. O ideal seria que os programas usados para fazer as análises dos papéis hidrossensíveis possibilitassem ao usuário informar o fator de espalhamento da calda que está sendo testada.

São necessários ainda mais estudos que relacionem os parâmetros diâmetro mediano volumétrico e numérico, densidade de gotas e cobertura comparados em alvos reais e artificiais, como por exemplo o papel hidrossensível. De acordo com Antuniassi (2009), esses padrões de distribuição e cobertura da calda pulverizada estão diretamente relacionados à sua eficácia no controle dos agentes de danos às culturas. Não se sabe ao certo se os parâmetros avaliados por alvos artificiais condizem com os que ocorrem nos alvos reais, pois em alvos naturais, a propriedade do molhamento depende, além dos produtos fitossanitários e adjuvantes, das características de superfície das espécies vegetais (Vásquez-Castro et al., 2007; Iost e Raetano, 2010).

3.5 CONCLUSÃO

A adição dos produtos fitossanitários testados, em caldas de pulverização, não alterou o fator de espalhamento das gotas sobre papel hidrossensível.

A adição de adjuvantes em caldas de pulverização alterou o fator de espalhamento das gotas sobre papel hidrossensível fazendo com que as manchas geradas pelas gotas sejam maiores que aquelas oriundas de caldas apenas com produtos fitossanitários ou água.

O tipo de produto fitossanitário ao qual é acrescido o adjuvante influencia no maior ou menor tamanho de mancha formada pela gota, assim como no fator de espalhamento dependendo da associação.

4 ARTIGO B

CONSERVAÇÃO DE DADOS EM PAPEL HIDROSSENSÍVEL SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE PULVERIZAÇÃO

4.1 RESUMO E ABSTRACT

O objetivo do trabalho foi verificar se há variação nos registros de distribuição de gotas e cobertura de calda pulverizada sobre papel hidrossensível, usando diferentes métodos de conservação ao longo do tempo, com diferentes combinações de ponta de pulverização e pressão de trabalho. Foi feita a pulverização com água sobre papéis hidrossensíveis, em fatorial 4 x 3, quatro condições de aplicação (duas pontas e duas pressões) e três métodos de conservação (recipiente plástico hermético com sílica, caixa de isopor e condição ambiente), com medidas repetidas no tempo: 3 avaliações (0, 5, e 144 horas após a aplicação), com 5 repetições. Foi feita análise de cobertura, densidade de gotas, diâmetro mediano numérico e volumétrico, e amplitude relativa, comparados pela análise de variância e teste Tukey em nível de significância de 5%. Ao longo do tempo há redução do diâmetro mediano volumétrico e numérico, e da porcentagem de cobertura nos papéis hidrossensíveis. Os métodos de conservação testados não influenciam as alterações de distribuição de gotas e cobertura ocorridas.

Palavras Chave: Cobertura. Espectro de gotas. Tecnologia de aplicação. Agroquímicos.

CONSERVATION DATA IN WATER SENSITIVE PAPER UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF SPRAYING

The aim of this study was to investigate whether there is variation in the water sensitive paper distribution of drops and coverage, using different preservation methods over time, with different combinations of sprays nozzles and operating pressure. It were realized sprays on water sensitive papers, at an factorial 3 x 4, four conditions of application (two nozzles and two pressures) and three conservation methods (airtight plastic container with silica, ice chest and environmental conditions) with repeated measures in time: 3 reviews (0, 5, and 144 hours after application), with five replicates. Analysis was performed coverage, droplet density, volume and numeric median diameter, and span, compared by analysis of variance followed by Tukey test at 5% probability. Over time there is a reduction of the volume median diameter and number and percentage of coverage on water sensitive paper. Preservation methods tested do not affect the distribution of drops changes and coverage.

Keywords: Coverage. Droplet spectrum. Spray technology. Pesticide.

4.2 INTRODUÇÃO

O uso dos produtos fitossanitários na agricultura modificou a forma de produzir, tornando-se facilitadores no controle de pragas, doenças e plantas invasoras. Se por um lado, houve aumento significativo da produtividade, por outro, a agricultura modernizada passou a ser altamente dependente de energia e insumos químicos (SOUZA et al., 2011).

Não basta conhecer o produto a ser aplicado, é fundamental conhecer a forma de aplicação e garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente. Pois a eficácia do controle químico depende da ação dos agentes químicos e de fatores inerentes: ao momento biológico de controle, à cobertura e deposição do produto em diferentes extratos do dossel e faces foliares da cultura (MATTHEWS, 2008).

Segundo Balan et al., (2005), a aplicação fitossanitária é uma das técnicas mais estudadas no âmbito agrônomo, devido a sua inter-relação com as áreas de proteção de plantas (doenças, insetos e plantas daninhas) e ambiental (contaminação por deriva).

As perdas por deriva podem causar prejuízos, devido ao desperdício de produto que não atinge o alvo e danos a culturas sensíveis adjacentes; além de causar contaminação de alimentos, do ar, recursos hídricos e efeitos prejudiciais à saúde e segurança do ser humano, rebanhos bovinos e outras criações (OZKAN, 2011).

Chaim et al. (1999) constataram valores de perdas, sejam elas por escorrimento, carregamento ou evaporação, de até 70% do volume aplicado na cultura do tomate. Matuo, (1988), verificou derivas superiores a 50% na cultura de citros.

Entretanto, são inúmeros os fatores que afetam a perda de produtos fitossanitários, como o tamanho de gotas, tipo de ponta, pressão, volume, condições ambientais e composição da calda (CUNHA et al, 2010).

Nesse sentido, os alvos artificiais são uma das ferramentas mais utilizadas em estudos ligados à tecnologia de aplicação, devido a sua fácil manipulação e sensibilidade nas diferentes formas de avaliações (cobertura e deposição) (BALAN et al., 2005).

Dentre os vários estudos e técnicas de avaliação da aplicação de produtos fitossanitários, uma delas consiste no uso de tiras de papel sensíveis à água ou a óleo sobre as quais é aplicado o produto em uso, ficando destacados em coloração distinta da original apenas os pontos que receberam gotas da calda pulverizada.

Esses papéis 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). Eles vêm sendo usados com bastante frequência para avaliação de pulverizações por pesquisadores de diversas áreas de pesquisa relacionadas à aplicação de produtos fitossanitários (BUENO et al., 2011; YAMAUTI et al., 2012; LENZ et al., 2011; MAGNO JÚNIOR et al., 2011).

Com auxílio de microscópios ou scanners ligados a programas de análise de imagem é possível determinar o diâmetro mediano volumétrico e numérico, densidade de gotas e cobertura em pulverizações terrestres e aéreas sendo que os padrões de distribuição e cobertura da calda pulverizada estão diretamente relacionados à sua eficácia no controle de pragas, doenças e plantas daninhas (ANTUNIASSI, 2009).

Entretanto, uma limitação do papel hidrossensível é que 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 (SYNGENTA, 2011). Diante disso, as condições de umidade do ambiente onde o papel é mantido até ser analisado ao microscópio ou digitalizado podem alterar as informações nele contidas.

O objetivo do trabalho foi avaliar se há variação nos registros de distribuição de gotas e cobertura de calda pulverizada sobre papel hidrossensível, usando diferentes métodos de conservação, com diferentes combinações de ponta de pulverização e pressão de trabalho.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, sob condições laboratoriais, em ausência de vento.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, quatro condições de aplicação (duas pontas

de pulverização e duas pressões de trabalho) e três métodos de conservação (recipiente plástico hermético com sílica, caixa de isopor e condição ambiente), com medidas repetidas no tempo, 3 avaliações, com 5 repetições. As duas pontas e pressões utilizadas foram introduzidas no trabalho com a finalidade de gerar uma variação no espectro de gotas, e conseqüentemente ter um resultado mais abrangente com relação a como essas características influenciam nas possíveis alterações ocorridas em papel hidrossensível.

Cada parcela constitui-se de uma folha de papel (21,0 x 14,8 cm), devidamente identificada, onde 5 papéis hidrossensíveis foram dispostos e grampeados à folha momentos antes da aplicação (Figura 4.1) e colocados sobre superfície totalmente seca. Todas as operações que envolviam o manuseio dos papéis hidrossensíveis foram feitas com uso de luvas tipo látex, para evitar contaminação por umidade.

Figura 4.1 – Disposição dos papéis hidrossensíveis sobre a parcela antes da pulverização. Londrina – PR, 2011.



As pulverizações foram realizadas em 5 de novembro de 2011, somente com água, utilizando um pulverizador costal pressurizado por CO₂ com

barra de 1,5 m de comprimento, 4 pontas de pulverização espaçadas 0,5 metros entre si, posicionada a 0,5 m de altura em relação ao alvo.

As pontas usadas foram Hypro TR 110 015[®] e Jacto LD 110 015[®], ambas do tipo jato plano, cada uma submetida a duas pressões de trabalho, 138 e 207 kPa. A velocidade de deslocamento da barra foi de 2 m.s⁻¹, gerando taxas de aplicação de 67 e 80 L.ha⁻¹, respectivamente, para cada pressão utilizada. Entre cada aplicação, a superfície onde as parcelas eram dispostas foram totalmente secas. As condições de temperatura e umidade relativa do ar foram medidas com um termohigrômetro modelo Kestrel 3000.

Após a aplicação os papéis foram mantidos em condição ambiente até que estivessem totalmente secos (aproximadamente 5 minutos) e só então foram acondicionados cada qual em seu métodos de conservação: recipiente plástico hermético com sílica, caixa de isopor e condição ambiente.

Antes da realização do ensaio, foram feitos testes para estimar o tempo necessário para digitalizar o total de papéis, levando em consideração a pessoa que opera e ainda o próprio scanner. Depois destes testes chegou-se a conclusão que o tempo de aproximadamente uma hora seria suficiente para digitalização de todos os papéis.

Os papéis hidrossensíveis foram digitalizados em scanner, HP scanjet 2400, com resolução de 1200 dpi em diferentes momentos: imediatamente após, 5, e 144 horas após a aplicação. As imagens foram recortadas a fim de deixar apenas um papel hidrossensível em cada uma delas.

Foi feita a análise de porcentagem de cobertura, número de gotas por área, diâmetro mediano numérico (DMN), diâmetro mediano volumétrico (DMV ou D_{V0,5}) e amplitude relativa (SPAN), por meio do programa computacional 'Conteo Y Tipificación de Impactos de Pulverización', CIR 1.5[®] (INTA, 2002).

Para análise da influência das condições ambientais ao longo do tempo, sobre a deposição de gotas sobre o papel hidrossensível, considerou-se a diferença ocorrida nos dados coletados nos papéis hidrossensíveis ao longo do tempo, em comparação à avaliação realizada imediatamente após a aplicação. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste Tukey em nível de significância de 5%. usando-se o programa para análise estatística Sisvar.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a pulverização a temperatura média do local foi de 24,05°C, com oscilação de 0,75°C para mais ou para menos e a umidade relativa do ar permaneceu constante em 55%. Essas condições encontram-se dentro dos limites de variação aceitáveis pela FAO para pulverização (1998) que são: temperatura entre 10 e 25°C e umidade relativa do ar acima de 50%.

Avaliando os dados obtidos na avaliação feita logo após a aplicação (Tabela 4.1), verifica-se que as combinações de ponta e pressão utilizadas proporcionaram valores de amplitude relativa (SPAN), variando entre 1,03 e 3,88, sendo que quanto mais próximo de zero melhor será a uniformidade do espectro de gotas.

Tabela 4.1 – Médias de diâmetro mediano numérico e volumétrico, amplitude relativa, cobertura e densidade de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível, mensuradas logo após a pulverização, Londrina - PR, 2011⁽¹⁾.

| Ponta (jato plano) | Pressão (kPa) | DMN (μm) | $D_{V0,5}$ (μm) | SPAN | Cobertura (%) | Densidade (gotas. cm^{-2}) |
|-----------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|--------|------------------|---|
| TR 110 015 | 138 | 110,20 a | 197,44 b | 1,07 a | 18,86 bc | 335,67 c |
| TR 110 015 | 207 | 101,51 a | 172,57 a | 1,03 a | 19,39 c | 449,28 d |
| LD 110 015 | 138 | 123,89 b | 333,48 d | 1,26 a | 17,82 b | 148,29 a |
| LD 110 015 | 207 | 105,06 a | 242,93 c | 3,88 a | 15,14 a | 278,26 b |
| CV(%) | | 9,48 | 9,45 | 50,02 | 6,51 | 16,98 |

⁽¹⁾DMN: Diâmetro Mediano Numérico; $D_{V0,5}$: Diâmetro Mediano Volumétrico; SPAN: Amplitude Relativa; Para cada variável, médias acompanhadas de mesma letras, não diferem significativamente entre si, na coluna, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ⁽²⁾ SPAN: $(D_{V0,9} - D_{V0,1})/D_{V0,5}$.

Segundo Cunha et al. (2007), uma aplicação de qualidade deve garantir que as gotas pulverizadas tenham tamanho homogêneo e distribuição uniforme. Entretanto, na maioria dos modelos de pontas de energia hidráulica os valores de amplitude relativa não são menores que uma unidade. Viana et al. (2010), trabalhando com pontas de pressão hidráulica e variando condições de aplicação,

encontrou valores de amplitude relativa oscilando entre 1,37 e 4,31. Cunha et al. (2007) encontraram valores entre 1,00 e 2,22.

Analisando a variável diâmetro mediano volumétrico ($D_{V0,5}$), percebe-se que o aumento da pressão provocou redução do tamanho das gotas, porém não causou diferença significativa de uniformidade de gotas entre as duas pressões de trabalho avaliadas, 138 e 207 kPa. Esse resultado condiz com o encontrado por Viana et al. (2010), ao avaliar diferentes pontas nas pressões de 200 e 300 kPa. Verificou-se ainda que o aumento do número de gotas por cm^2 , tende a gerar gotas de menor $D_{V0,5}$, que por sua vez tendem a melhorar a cobertura. Chaim et al. (1999), também verificaram que nas mesmas taxas de aplicação a redução do $D_{V0,5}$, tende a aumentar a densidade das gotas.

Ao considerar a alteração das variáveis ao longo das avaliações, comparando-as com a mensuração feita imediatamente após a aplicação, verifica-se que não houve alteração nos valores de amplitude relativa e a densidade de gotas. Entretanto, há uma redução da percentagem de cobertura (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Médias da variação percentual de cobertura de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível com pontas de jato plano TR e LD 100 015, em diferentes pressões, 138 e 207 kPa, ao longo do tempo, Londrina - PR, 2011.

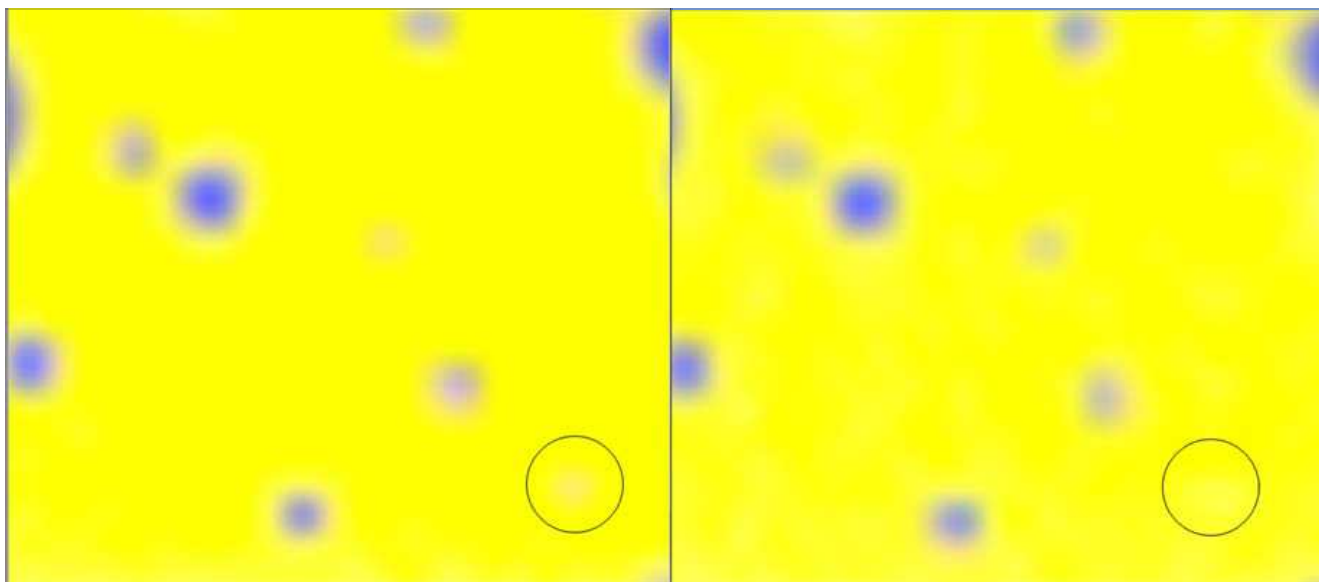
| Variável | Horas após a pulverização | | |
|---------------|---------------------------|-----------|----------|
| | 0 | 5 | 144 |
| Cobertura (%) | 0 a | - 0,14 ab | - 0,31 b |
| CV(%) | 0,41 | | |

⁽¹⁾Médias acompanhadas de mesma letras, não diferem significativamente entre si, na linha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Garcia et al. (2004), ao analisar imagens digitalizadas de gotas sobre papel hidrossensível, com o auxílio do Idrisi[®], programa de análise de imagens, identificou mais de 90 tonalidades de cores entre o amarelo e o azul. Isso dificulta a definição exata dos limites da gota. De maneira geral, gotas mais finas proporcionam coloração mais clara e homogênea, gotas médias são escuras no centro com halos levemente mais claros, e gotas grandes possuem o centro escuro com halos acentuadamente mais claros.

Ao analisar o canto inferior direito das duas imagens da Figura 2, percebe-se que uma gota presente na imagem feita logo após a aplicação, não encontra-se presente na imagem do mesmo papel hidrossensível feita 6 dias após aplicação. Possivelmente a gota não desapareceu, mas sim o papel tenha assumido uma nova coloração mais escura, em virtude da contaminação por umidade, que não permita a identificação das gotas mais claras pelo scanner ou pelo software de análise.

Figura 4.2 – Distribuição de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível com ponta de jato plano LD 100 015, pressão de trabalho de 138 kPa, logo após a aplicação (esquerda) e 6 dias após a aplicação (direita), Londrina - PR, 2011.



Segundo Garcia et al. (2004), ao se analisar uma amostra na qual os diferentes tamanhos de gotas coexistem, gotas pequenas em sua totalidade, ou ainda as bordas de gotas maiores que possuem cores mais claras, podem ser confundidas pelo programa de análise com as cores amarelas do fundo do papel hidrossensível, fazendo com que essas gotas, ou parte delas, no caso das gotas com halos acentuados, sejam desconsideradas na análise.

Isso auxilia o entendimento da redução tanto da cobertura como do diâmetro mediano volumétrico e numérico na combinação da ponta LD 110 015 na pressão de 138 kPa (Tabela 3). Nota-se que a redução do diâmetro mediano volumétrico e numérico ocorreu justamente na combinação de ponta e pressão que

causaram os maiores tamanhos de gotas, e conseqüentemente, aquelas com halos claros mais acentuados.

Tabela 3 – Médias de variação numérica de diâmetro mediano numérico e volumétrico de gotas pulverizadas sobre papel hidrossensível, ao longo do tempo, Londrina - PR, 2011⁽¹⁾.

| Variável | Ponta (jato plano) | Pressão (kPa) | Horas após a aplicação | | |
|---------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|-----------|-----------|
| | | | 0 | 5 | 144 |
| DMN (μm) | TR 110 015 | 138 | 0 aA | 0,35 aA | 0,25 aA |
| | TR 110 015 | 207 | 0 aA | 0,67 aA | 1,13 aA |
| | LD 110 015 | 138 | 0 aA | -5,77 bB | -6,60 bB |
| | LD 110 015 | 207 | 0 aA | -2,07 abA | 0,74 aA |
| CV(%) | | | 5,86 | | |
| $D_{V0,5}$ (μm) | TR 110 015 | 138 | 0 aA | -3,88 aA | -5,74 aA |
| | TR 110 015 | 207 | 0 aA | -0,79 aA | -3,33 aA |
| | LD 110 015 | 138 | 0 aA | -13,79 bB | -24,73 bC |
| | LD 110 015 | 207 | 0 aA | -1,29 aA | -2,78 aA |
| CV(%) | | | 13,57 | | |

⁽¹⁾DMN: Diâmetro Mediano Numérico; $D_{V0,5}$: Diâmetro Mediano Volumétrico; Para cada variável, médias acompanhadas de mesma letras, minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Antuniassi (2009), relata que o uso de papéis hidrossensíveis é um método prático para analisar a qualidade da aplicação no campo. Entretanto, para avaliações quantitativas da aplicação este pode sofrer algumas distorções, principalmente em situações em que as gotas são pequenas.

Entretanto, isso parece estender-se às gotas grandes, pois os halos de tonalidade mais clara também podem causar alteração na análise feita em papel hidrossensível, dificultando a delimitação exata da gota. Esse problema pode ser acentuado quando há contaminação por umidade, que faz com que o fundo do papel adquira tonalidade azul clara fazendo com os halos das gotas maiores sejam desconsiderados pela análise feita pelo software de leitura. Sendo que essas alterações tendem a se acentuar quanto maior for o período de tempo entre a pulverização e a análise dos papéis hidrossensíveis.

Pessoa & Chaim (1999) ressaltam que o processo de captura das imagens tem que ser de boa resolução para considerar gotas muito pequenas (30 a 75 micrometros). Sendo que a maioria dos softwares disponíveis capturam gotas de tamanhos superiores a 75 ou 80 micrometros, como descrito por Fox et al. (2001). Em vista disso, se houve algum tipo de contaminação por umidade ambiente que tenha gerado gotas muito pequenas, as mesmas podem não ter sido detectadas pelo software ao fazer a análise das imagens ou pelo scanner na sua digitalização.

De acordo com o fabricante dos papéis hidrossensíveis, condições de umidade relativa do ar acima de 80% afetam sua sensibilidade e fazem com que toda a superfície se torne azul (SYNGENTA, 2011). A máxima umidade registrada no período das avaliações foi de 74%, em ambiente externo, e de 61%, no local de armazenamento das amostras (Tabela 4.4). E, mesmo com condições de umidade dentro dos limites indicados pelo fabricante, nota-se que houve alteração na cobertura, DMN e $Dv_{0,5}$.

Tabela 4.4 – Data, horário, temperatura e umidade realiva do ar no momento da digitalização dos papéis hidrossensíveis e médias diárias, Londrina - PR, 2011.

| Data | Horário | Horas após a aplicação | T ⁽²⁾ (°C) | UR ⁽²⁾ (%) | Tmax ⁽³⁾ (°C) | Tmin ⁽³⁾ (°C) | UR ⁽³⁾ (%) |
|------------|---------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 05/11/2010 | 09 h e 35 min | 0 ⁽¹⁾ | 23,6 | 57 | 31,2 | 15,3 | 74 |
| 06/11/2010 | 09 h e 35 min | 24 | 26,0 | 52 | 24,9 | 19,0 | 68 |
| 07/11/2010 | 09 h e 35 min | 48 | 24,1 | 61 | 29,6 | 18,2 | 60 |
| 08/11/2010 | 09 h e 35 min | 72 | 27,1 | 59 | 29,8 | 17,1 | 56 |
| 09/11/2010 | 09 h e 35 min | 96 | 25,3 | 51 | 32,0 | 18,0 | 51 |
| 10/11/2010 | 09 h e 35 min | 120 | 27,1 | 56 | 32,6 | 18,8 | 62 |
| 11/11/2010 | 09 h e 35 min | 144 | 27,6 | 53 | 34,4 | 20,2 | 73 |

⁽¹⁾Desconsiderando o tempo necessário a secagem dos papéis hidrossensíveis.

⁽²⁾Temperatura e umidade relativa do ar no momento da digitalização das imagens, medida com um termohigrômetro. ⁽³⁾Temperatura (máxima e mínima) e média de umidade relativa do ar, Fonte: IAPAR, 2011.

Os diferentes métodos de conservação testados não foram eficientes na redução das alterações sofridas pelos papéis hidrossensíveis ao longo do tempo, pois apresentaram resultado semelhante aos encontrados quando os papéis foram deixados na condição ambiente. Mais estudos se mostram necessários

para verificar condições de armazenamento adequadas de papéis hidrossensíveis em condições elevadas principalmente de umidade relativa do ar.

4.5 CONCLUSÕES

Os diâmetros mediano volumétrico e numérico, assim como a porcentagem de cobertura, diminuíram seus valores ao longo do tempo, independente do método de conservação adotado nas condições climáticas testadas.

Diferentes combinações de ponta e pressão influenciaram nas alterações de diâmetro mediano volumétrico e numérico ocorridas nos papéis hidrossensíveis.

Os diferentes métodos de conservação testados não influenciam nas alterações de tamanho de gotas e cobertura percentual ocorrida.

5 CONCLUSÕES GERAIS

A adição dos produtos fitossanitários testados, em caldas de pulverização, não alterou o fator de espalhamento das mesmas sobre papel hidrossensível quando comparado com água, fazendo com que as manchas geradas pelas gotas sejam semelhantes às manchas causadas pela água. Deve-se ressaltar, entretanto, que esse resultado ocorreu para os produtos e condições testadas. Cada produto fitossanitário possui, em sua formulação, adjuvantes específicos que podem fazer com que os resultados sejam diferentes em outros testes.

A adição de adjuvantes em caldas de pulverização alterou o fator de espalhamento das mesmas sobre papel hidrossensível. Isso sugere que os softwares de análise de papéis hidrossensíveis deveriam fornecer ao usuário a possibilidade de escolher o fator de espalhamento específico da calda usada na aplicação. Quando o cálculo do tamanho de gotas baseia-se no fator de espalhamento da água, sendo usado algum adjuvante na calda, o tamanho da gota é superestimado, pois na verdade o aumento o tamanho da mancha ocorre em virtude do maior espalhamento da gota e não do maior tamanho de gota, como o programa considera.

O tipo de produto fitossanitário, ao qual é acrescido o adjuvante, influencia no maior ou menor tamanho de gota formada, assim como no fator de espalhamento em papel hidrossensível dependendo da associação. Isso mostra que é muito difícil prever o resultado de uma aplicação onde ocorra a mistura de vários produtos fitossanitários e/ou adjuvantes.

Quando analisa-se os papéis hidrossensíveis ao longo do tempo após a aplicação, verifica-se que os diâmetros mediano volumétrico e numérico, assim como a porcentagem de cobertura, registrados diminuem seus valores ao longo do tempo, independente do método de conservação adotado nas condições climáticas testadas. Portanto, a análise não imediata dos papéis pode gerar distorções nos dados obtidos.

Diferentes combinações de ponta e pressão influenciaram nas alterações no diâmetro mediano volumétrico e numérico das manchas nos papéis hidrossensíveis ao longo do tempo. As manchas com maiores diâmetros, e consequentemente maiores halos, são as que mais sofrem distorção ao longo do tempo.

Os diferentes métodos de conservação testados não influenciaram nas alterações de tamanho de gotas e cobertura percentual, ocorridas ao longo do tempo nas manchas geradas sobre papel hidrossensível.

REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. **Boletim de pesquisa da soja**, v. 13, 2009. p. 299-316.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de Defensivos. **Plantio Direto**, v 15, 2006. p 17-22.

BALAN, M.G.; ABI SAAB, O. J. G.; FONSECA, I. C. B.; SILVA, C. G.; SASAKI, E. H. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o software conta-gotas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, 2005. p. 916- 919.

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

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas. Passo Fundo: **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 15, 2007. p. 243-276.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A.; ALVES, G. S. Estudo do espectro de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre na cultura da batata. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 3, set./dez., 2011. p. 225-234.

CARVALHO, S. J. P.; DIAS, A. C. R.; SHIOMI, G. M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Adição Simultânea de Sulfato de Amônio e Ureia à calda de Pulverização do Herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, 2010. p. 575-584.

CARVALHO, W. P. A. **Estudo Comparativo entre Métodos de Amostragem de Gotas para Determinação de Faixa de Deposição nas Aplicações de Produtos Líquidos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” (UNESP). Botucatu, 2005.

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

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

CHRISTOFFOLETTI, J. C. Manual Shell de máquinas e técnicas de aplicação de defensivos. São Paulo: **Shell Brasil**, 1992. p. 122.

COMBELLACK, H. Adjuvants-are they worthwhile? In: **International Symposium On Adjuvants for Agrochemicals**, 14., 1995, Melbourne. *Proceedings*, Rotorua: New Zealand Forest Research Institute, (Bulletin, 193), 1995. p. 336-344.

CONTIERO, R. L. Adjuvantes para Caldas de Produtos Fitossanitários: Classes, Propriedades e Usos. In: **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícola III**. Cascavel – PR, 2005. p. 29-54.

CORRÊA, H. G.; HELD, J. Produção e utilização de gotas de diâmetro uniforme. **Bragantina**, Campinas: v. 41, 1982. p. 1-9.

COSTA, D. I. **Eficiência e Qualidade das Aplicações de Fungicidas, por Vias Terrestre e Aérea, no Controle de Doenças Foliares e no Rendimento de Grãos de Soja e Milho**. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 28, n. esp., 2010. p. 1153 – 1158.

Cunha, J. P. A. R.; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 36, n. 1, 2006. p. 61-66.

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

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, 2004. p. 977-85.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxico em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, 2003. p. 325-332.

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, 2001. p. 217-222.

FAO. Technical standards: sprayer specifications and tests procedures. In: **Agricultural Pesticide Sprayers**. v. 2. Rome: FAO, 1988.

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, 2001. p. 131-136.

FOX, R.D.; SALYANI, M.; COOPER, J.A.; BRAZEE, R.D. Spot size comparisons on oil- and water-sensitive paper. **ASABE - Applied Engineering in Agriculture**, v. 17, n. 2, 2001. p. 131-136.

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 **ASAE**, v. 25, n. 2, 2009. p. 175-180.

GARCIA, L. C.; RAMOS, H. H.; JUSTINO A. Avaliação de Softwares para Análise de Parâmetros da Pulverização Realizada sobre Papéis Hidrossensíveis. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 2, n. 1, 2004. p. 19-28.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: a bibliographic review. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, 2005. p. 5183-5193.

GREEN, J.M.; HAZEN, J.L. Understanding and using adjuvants properties to enhance pesticide activity. In: **International Symposium on Adjuvants for Agrochemists**, 5., 1998, Tennessee. Proceeding Memphis: ISAA, 1998. p.25-36.

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

HOLLOWAY, P.J. Physicochemical factors influencing the adjuvants - Enhance spray deposition and coverage of foliage-applied agrochemicals. In: HOLLOWAY, P.J.; REES, R.T.; STOCK, D. (Ed.). **Interactions between adjuvants, agrochemicals and target organisms**. Berlim: Springer-Verlag, 1994. p.83-106.

IAPAR – **Instituto Agrônômico do Paraná**. Dados diários da estação meteorológica de Londrina –PR. 2011. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1647>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

INTA, C. T&C CIR 1.5 – Conteo y Tipificación de Impactos de Pulverización - Parque de Innovación Tecnológica. **Instituto de Ingeniería Rural**. Argentina, 2002.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, 2010. p. 670-680.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998.

LENZ, G; BALARDIN, R. S.; MINUZZI, S. G.; TORMEN, N. R.; MARQUES, L. N. Espectro de gotas e idade de trifólios na taxa de absorção e efeito residual de fungicidas em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, out. 2011. p. 1702-1708.

MAGNO JÚNIOR, R. G; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, L. B.; FERREIRA, L. R.; ALVARENGA, C. B. Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para atração de gotas da aplicação eletrostática em plantas cítricas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, sep./oct. 2011. p. 798-804.

MARTÍNEZ QUINTANA, O. Proyecto Regional Hortícola. Competitividad y sustentabilidad en la producción de hortalizas en sistemas protegidos y al aire libre. **BANOR06**, 7 pp. 2006.

MATTHEWS, G.A. Developments in application technology. **Environmentalist**, v. 28, 2008. p. 19-24.

MATUO, T. **Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros**. 1988. 167 f. Tese (Livre-Docência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1988.

MENDONÇA, C. G. **Efeito de óleos minerais e vegetais nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização e suas interações com superfícies foliares**. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu – SP, 2003.

NASCIMENTO, A. B. **Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação**. Dissertação - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2011.

OZKAN, H.E. Reducing the spray drift (**Bulletin 816-00**). Disponível em: <ohioline.osu.edu/b816/index.html>. Acesso em: 25 nov. 2011.

OZKAN, H.E. **Reducing the spray drift (Bulletin 816-00)**. Disponível em: <ohioline.osu.edu/b816/index.html>. Acesso em: 25 nov. 2011.

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

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.

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

POLACK, L.A. Proyecto Específico. Manejo de plagas y enfermedades de hortalizas en sistemas protegidos. (**PNHFA2132**), 1 y 13 p. 2006.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**., v. 24, n. 4, 2008. p. 8-19.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia brasileira**. Fortaleza, v 25 (suplemento), n. 217-474, p. 275, 2000.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Conceitos básicos de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLINI, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, 2008. p. 155-157.

RYCKAERT, B., SPANOGHE, P.; HAESAERT, G.; HEREMANS, B.; ISEBAERT, S.; STEURBAUT, W. Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. **Crop Protection**, New York, v. 26, n. 10, oct. 2007. p. 1589-1594.

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

SALYANI, R.P.; CRONWELL, R.P. Spray drift from ground and aerial applications. **Transactions of the Asae**, v. 35, n. 4, 1992. p. 1113-1120.

SÁNCHEZ-HERMOSILLA LÓPEZ, J. 2007. Evaluación y mejora de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios en cultivos protegidos: modelización de su funcionamiento. Almería:**FIAPA**. 12 pp. Disponível em: <www.fiapa.es/Esp/Publicaciones/RD/RESUMENES/RD24%20Hermosilla.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2008.

SIMÕES, R., TEIXEIRA, M., FARONI, L.. Determinação da uniformidade de distribuição de agroquímicos em grãos de trigo utilizando a técnica da espectrofotometria do uv/visível. **Bioscience Journal**, América do Norte, 25 ago. 2009.

SOUZA, I.; CHAVES, L. H. G., BARROS Jr, G. Uso de agrotóxicos impactando a saúde de horticultores familiares na região de Lagoa Seca – Paraíba. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, jan./mar. 2011. p. 232-245.

SYNGENTA. **Water Sensitive Paper Instructions Manual**, 2011.

TEIXAIRA, E S.; OSIPE, J. B.; GANDOLFO, U. D.; OLIVEIRA, J. F.; GANDOLFO, M. A.; OSIPE, R. Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, 2010. p. 1229-1234.

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.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2006. 10 p.

VÁSQUEZ-CASTRO, J.A.; BAPTISTA, G.C.; GADANHA Jr., C.D.; TREVIZAN, L.R.P. 2007. Influence of emulsifiable concentrate formulation on the physical properties of the fluid, spray characteristics, and insecticide deposits on stored grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55. p. 3529-3534.

VIANA, R. G.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R. TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, 2010. p. 439-446.

YAMAUTI M. S.; GIANCOTTI, P. R. F.; LODO, B. N.; LIMA, L. L.; FERREIRA, M. C. Controle de Ipomoea hederifolia com baixo volume de calda com e sem adjuvante aplicada com bico de energia centrifuga. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, jan./abr. 2012. p. 49-61.

YAMAUTI M. S.; GIANCOTTI, P. R. F.; LODO, B. N.; LIMA, L. L.; FERREIRA, M. C. Controle de Ipomoea hederifolia com baixo volume de calda com e sem adjuvante

aplicada com bico de energia centrífuga. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.1, p.49-61, jan./abr. 2012.