

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA TECNOLOGIA DE
APLICAÇÃO PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA
DA SOJA**

**Artur Franco Barrêto
Engenheiro Agrônomo**

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Abril de 2011**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA TECNOLOGIA DE
APLICAÇÃO PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA
DA SOJA**

Artur Franco Barrêto

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Co-orientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Abril de 2011

Barrêto, Artur Franco
B273a Avaliação de parâmetros da tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja. / Artur Franco Barrêto. – – Jaboticabal, 2011
v, 81 f.: il. 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: Casimiro Dias Gadanha Júnior, Júlio Cesar Galli, Carlos Gilberto Raetano, Maria Aparecida Pessoa da Cruz Centurion

Bibliografia

1. Tecnologia de Aplicação. 2. Surfatante. 3. *Phakopsora pachyrhizi*. 4. Equipamentos de pulverização. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.8163:633.34

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ARTUR FRANCO BARRÊTO – Filho de Artielso Freire Barrêto e Maria Auxiliadora Franco Barrêto nasceu no dia 25 de abril de 1975, na cidade de Patos, PB. Ingressou na Universidade Federal da Paraíba em março de 1996 no curso de Engenharia Agrônômica. Em 1998 iniciou estágio na Disciplina Fitopatologia Geral, dedicando-se a iniciação científica onde permaneceu até a conclusão de seu curso em dezembro de 2000. Em março de 2001 iniciou o curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) na área de concentração em Agricultura Tropical na linha de pesquisa Fitopatologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, obteve o grau de Mestre em Agronomia em maio de 2003. Em 2004, foi contratado como professor da Fundação de Ensino Superior de Cajazeiras, onde lecionou as Disciplinas Fitopatologia, Defensivos Agrícolas e Olericultura. Em março de 2008 iniciou o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Jaboticabal, SP, na linha de pesquisa Tecnologia e Segurança de Aplicação de Produtos Fitossanitários, sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira.

DEDICO

A Deus que nos fortalece a cada nascer do sol e nos enche de força e esperança. Princípios fundamentais para suportar a distância das pessoas amadas.

Aos meus queridos pais Artielso Freire Barrêto e Maria Auxiliadora Franco Barrêto por estar sempre ao meu lado, apoiando, acreditando e ensinando a superar as dificuldades da jornada da vida.

Aos meus irmãos Antônio Franco Barrêto, Artielso Freire Barrêto Júnior, Sara Franco Barrêto e Agda Franco Barrêto pela ajuda, confiança, força e companheirismo desde os meus primeiros passos.

OFEREÇO

À minha esposa Klébica Bernardes de Lima Barrêto pela lealdade, paciência, compreensão, incentivo e dedicação durante esses três anos de Doutorado.

Ao meu filho Vítor Bernardes Barrêto que na sua inocência de criança sempre me impulsionou a seguir em frente.

HOMENAGEM

A todos aqueles que têm coragem de sair de seu torrão e enfrentar o desconhecido, sem deixar para trás suas raízes e valores morais.

AGRADECIMENTOS

À FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela grande oportunidade de aprendizagem e aprimoramento profissional e pessoal.

Ao Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, pela amizade, orientação, confiança, generosidade, compreensão e paciência no decorrer desse tempo de trabalho.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa pela valiosa contribuição e atenção nas análises estatísticas.

Aos professores da FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, Antonio de Goes, Júlio Cesar Galli, Joaquim Gonçalves Machado Neto e Jaime Maia dos Santos pelos ensinamentos acadêmicos durante as disciplinas cursadas.

Aos membros da comissão examinadora, Casimiro Dias Gadanha Júnior, Júlio Cesar Galli, Carlos Gilberto Raetano e Maria Aparecida Pessôa da Cruz Centurion, pela valiosa contribuição com suas sugestões.

A todos os funcionários da FCAV/UNESP em especial a Gilson José Leite pela grande ajuda e paciência na execução dos trabalhos em campo.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, Campus de Jaboticabal, SP pela valiosa contribuição na logística dispensada aos trabalhos a campo em especial aos Srs. João Nascimento, Marcelo Scatolin, Edivaldo Nascimento.

Aos grandes amigos e companheiros de república Fernandes Antonio de Almeida, Gleibson Dionísio Cardoso, Gilson Silvério da Silva, Diego Resende Queiroz Porto e Francisco Reinaldo Rodrigues Leal pelos bons e não tão bons momentos que vivemos e as lições que aprendemos e ensinamos uns aos outros.

Aos amigos e colegas de trabalho Lilian Lúcia Costa, Letícia Any Nociti, Giorge Gomes de Carvalho, Wilson Gomes Manrique, Rodrigo Alberto Alandia Romam e Wilson Pazini. Aos estagiários Henrique Borges, Marcelo Augusto Revolta da Costa, Herman Ananias Weijenborg e Bruno Willian Fernandes pela ajuda na condução dos trabalhos em campo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. Cultura da soja	1
2. Ferrugem Asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>).....	3
3. Uso de adjuvantes nas caldas de pulverização agrícola.....	4
4. Pontas de pulverização agrícola	8
5. Pressões de trabalho do sistema de pulverização	9
6. Volumes de aplicação em pulverizações agrícolas	10
7. OBJETIVOS GERAIS.....	12
8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
9. REFERÊNCIAS.....	12
 CAPÍTULO 2 - ESPECTRO DE GOTAS PRODUZIDAS POR PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO PLANO EM FUNÇÃO DE ADJUVANTES E DA PRESSÃO DE TRABALHO.....	 19
RESUMO	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1. Tamanho de gotas	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. Efeito de adjuvantes e pontas de pulverização sobre diâmetro mediano volumétrico, coeficiente de uniformidade e porcentagem de gotas $\leq 100\mu\text{m}$	25
3.2. Desdobramento da interação entre pressões x pontas sobre diâmetro mediano volumétrico (DMV).....	30

3.3. Desdobramento da interação entre pressões x pontas sobre o percentual de volume em gotas $\leq 100\mu\text{m}$	32
3.4. Desdobramento da interação entre pressões x adjuvantes e pressões x pontas de pulverização sobre o coeficiente de uniformidade (COEF)	33
4. CONCLUSÕES.....	35
5. REFERÊNCIAS	36

CAPITULO 3 - CINÉTICA DA TENSÃO SUPERFICIAL E ÂNGULO DE CONTATO DE CALDAS COM ADIÇÃO DE ADJUVANTES SOBRE FOLHAS DE SOJA	38
RESUMO	38
ABSTRACT	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4. CONCLUSÕES.....	47
5. REFERÊNCIAS	48

CAPÍTULO 4 - EFEITOS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO PLANO, ADJUVANTES E VOLUMES DE APLICAÇÃO NA COBERTURA, DEPOSIÇÃO DE GOTAS E CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA SOJA.....	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1. INTRODUÇÃO.....	51
2. MATERIAL E MÉTODOS	53
2.1. Local e condução do experimento.....	53
2.2. Avaliação da cobertura em papéis hidrossensíveis.....	55
2.3. Avaliação da deposição de calda	55
2.4. Avaliação da severidade da ferrugem da soja.....	57
2.5. Avaliação das características agrônômicas e produtividade	58
2.6. Análise dos dados	60

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.1. Cobertura e deposição de gotas na cultura da soja	60
3.2. Avaliação da severidade da ferrugem Asiática.....	64
3.3. Avaliações semanais da severidade da ferrugem da soja.....	67
3.4. Avaliação das características agronômicas e da produtividade	72
3.5. Classificação do tamanho de grãos de soja	75
4. CONCLUSÕES.....	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
6. REFERÊNCIAS	77

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

RESUMO - Objetivou-se avaliar o espectro de gotas em função de adjuvantes, pressões e modelos de pontas de pulverização; a cinética do ângulo de contato e tensão superficial de caldas com a adição de adjuvantes; os efeitos de adjuvantes, modelos de pontas e volumes na severidade da ferrugem Asiática da soja. Os experimentos foram conduzidos nos Câmpus da FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP e FFCL/USP, Ribeirão Preto, SP, entre 2009 a 2011. Avaliou-se diâmetro mediano volumétrico, coeficiente de uniformidade, porcentagem de gotas sujeitas a deriva, cinética do ângulo de contato e da tensão superficial em folhas de soja, deposição, cobertura, características agronômicas e severidade da ferrugem. Realizou-se o teste F e de regressão. Os adjuvantes LI 700, Agridex e Veget Oil destacaram-se, com maior uniformidade no espectro de gotas e menor percentual de gotas sujeitas a deriva; os modelos defletores oferecem as melhores características; nas maiores pressões há uniformização do espectro de gotas, nas pressões entre 360 e 480 kPa resultaram em menores alterações nos parâmetros avaliados; os adjuvantes avaliados reduziram a tensão superficial da água e o ângulo de contato, destacando-se o LI 700 e TA 35; as pontas DLAD e TTJ promoveram maior cobertura nos terços superior e inferior, respectivamente; o óleo vegetal no maior volume proporcionou maior deposição no terço inferior da soja; o maior volume produziram maior número de vagens e grãos independente das pontas e adjuvantes; a severidade da ferrugem variou em função dos tratamentos, as pontas DLAD proporcionaram menor severidade de ferrugem; os tratamentos foram viáveis e necessários.

Palavras - chaves: tecnologia de aplicação, surfatantes, *Phakopsora pachyrhizi*, equipamentos de pulverização.

EVALUATION OF PARAMETERS OF TECHNOLOGY APPLICATION FOR CONTROL OF ASIAN RUST ON SOYBEANS

ABSTRACT – The objective was to evaluate the droplet spectrum as a function of adjuvants, pressures and models of spray nozzles, the kinetics of contact angle and surface tension of syrups with the addition of adjuvants, the effects of adjuvants, models and volumes in the severity Tips Asian soybean rust. The experiments were conducted in the FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP e FFCL/USP, Ribeirão Preto, SP, between 2009 a 2011. We evaluated the volume median diameter, uniformity coefficient, the percentage of drops subject to drift, the kinetics of contact angle and surface tension of soybean leaves, deposition, coverage, agronomic characteristics and disease severity. We carried out the F-test and regression. Adjuvants LI 700, Agridex and Veget Oil stood out, with greater uniformity in droplet spectrum and a lower percentage of drops subject to drift, the models offer the best features baffles, the more pressure there is uniformity of the droplet spectrum, at pressures between 360 and 480 kPa resulted in minor changes in the parameters assessed, evaluated the adjuvant reduced the surface tension of water and contact angle, highlighting the LI 700 and TA 35; ends DLAD and TTJ promoted greater coverage in the upper and lower respectively, the vegetable oil in bulk gave higher deposition in the lower third of the soybeans, the higher volume produced a larger number of pods and grains independent of tips and adjuvants; rust severity varied with the treatments, the tips provided lower severity DLAD rust; treatments were feasible and necessary.

Key - words: application technology, surfactants, *Phakopsora pachyrhizi*, spraying equipment.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Cultura da soja

A planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivada hoje é muito diferente das ancestrais rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Yang tse, na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagens que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. Sua importância na dieta alimentar daquela civilização era tal que a soja foi considerada um grão sagrado, juntamente com o trigo, arroz, centeio e milheto, com direito a cerimoniais ritualísticos nas épocas de plantio e colheita (EMBRAPA, 2005).

É uma das culturas que vem garantindo a sustentabilidade econômica da atividade agrícola no Brasil. A sua área de cultivo aumenta ano após ano, ocupando uma área de 23 milhões de hectares na safra 2009/2010 (JULIATTI et al., 2004; CONAB, 2010), além de apresentar grande importância social e econômica, provendo mais de 64% do suprimento global de farelo de oleaginosas (YORINORI et al., 2004).

O aumento significativo da produção mundial de soja, só se iniciou a partir de 1925, graças aos esforços dos técnicos norte-americanos que a estudaram sob todos os aspectos: agrícola, industrial, nutricional e econômico (MIYASAKA, 1986). Em 1940, no auge do seu cultivo como forrageira foram plantadas nos EUA cerca de 2 milhões de hectares de soja. A partir de 1941, a área destinada para grãos superou a de forragem, cujo cultivo declinou rapidamente, até desaparecer em meados dos anos 60, enquanto a área para a produção de grãos crescia de forma exponencial, não apenas nos EUA, como também no Brasil e na Argentina (EMBRAPA, 2004).

A primeira notícia sobre o plantio de soja no Brasil foi dada pelo professor Gustavo D'Utra, da "Escola Agrícola da Bahia", referindo-se a um sitiante baiano no ano de 1882. No entanto não houve explicação de como o sitiante conseguiu as primeiras sementes. Em 1914, um agrônomo norte-americano iniciou cultivos mais regulares no

Rio Grande do Sul. Em 1919, verificava-se o primeiro cultivo de soja na estação experimental de Santa Rosa (EMBRAPA, 2004).

A expansão da área cultivada com soja e a agregação de tecnologias, que elevaram a sua produtividade, atribuíram-lhe a condição de cultura mais importante do agronegócio brasileiro. Até julho de 2010 as exportações do complexo soja somavam 31,44 milhões de t, sendo 22,49 milhões de grão, 8 milhões de farelo e 949 mil de óleo”. (ANUÁRIO BRASILEIRO DE SOJA, 2010).

A safra 2009/10 constituiu-se na maior da história dessa cultura no Brasil com 67,39 milhões de toneladas, com acréscimo de 10 milhões de toneladas em relação a safra 2008/09. A explicação para o incremento na temporada 2009/10, está no aumento da área cultivada com a oleaginosa que apresentou crescimento de 6,8%, correspondendo a um ganho de 1, 48 milhão de hectares sobre a da safra anterior, passando para 23,23 milhões de hectares, motivada por bons preços do produto e pela expectativa de mercado futuro (CONAB, 2010).

Também foram verificados ganhos de produtividade na cultura da soja que avançou de 1,2 t/ha na década de 1960 para 2,9 t/ha na safra 2009/10 (CONAB, 2010).

Este aumento da produtividade somente foi possível, através do desenvolvimento de tecnologias, seja com a utilização do melhoramento de plantas, da ciência dos solos, da engenharia rural, da fitossanidade e outros. O tratamento fitossanitário por sua vez, tem como objetivo manter a sanidade vegetal da melhor forma possível, para que a planta possa expressar o seu máximo potencial produtivo (DI OLIVEIRA, 2008).

De acordo com CORSO (2006), os novos problemas que surgem constantemente nas lavouras de soja, tais como resistência aos produtos fitossanitários e contaminação ambiental em geral estão ligadas ao uso indiscriminado de produtos fitossanitários. Essa prática vai contra as indicações feitas por técnicos e pesquisadores. O uso indiscriminado desses produtos fitossanitários na soja além de não garantirem o sucesso na aplicação, de acordo com PIGNATI et al. (2007) agridem o meio ambiente, coloca a comunidade em situação de risco à saúde devido a aplicação

fora do alvo, o que pode também trazer outros efeitos conhecidos e/ou imprevisíveis tardiamente, ultrapassando os limites temporais (DI OLIVEIRA, 2008).

2. Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow)

Estimam-se perdas médias na produtividade da cultura da soja, no mundo em torno de 30% devido aos problemas fitossanitários (OERKE, 1993). Entretanto, há problemas fitossanitários como as doenças fúngicas que podem causar até 100% de perdas caso não se realizem ações de controle (EMBRAPA, 2003) assumindo papel importante na definição da produtividade da cultura, safra após safra. As médias de perdas anuais da produção brasileira de soja por doenças são estimadas em cerca de 15 a 20% (EMBRAPA, 2006).

Dentre as principais doenças da cultura está a ferrugem Asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow. Sua distribuição geográfica inclui África, Ásia, Austrália, América e Havaí (EMBRAPA, 2005). Foi relatada pela primeira vez no Brasil, no final da safra de 2000, representando grande ameaça para todos os países do continente americano (GODOY & CANTERI, 2004; YORINORI et al., 2005).

Segundo MILES et al. (2007), a rápida disseminação de *P. pachyrhizi* e seu potencial para reduzir o rendimento, faz da ferrugem a doença foliar mais destrutiva da cultura da soja. O alto potencial de dano está associado à elevada taxa de progressão da doença, são necessários apenas 6 a 8 dias para que o ciclo primário seja completado, dando origem a ciclos secundários de reinfecção, principalmente em condições favoráveis como temperatura entre 19 e 30°C e umidade relativa maior que 90%.

A doença, em geral, ocorre inicialmente nas partes mais baixas do dossel da cultura. Os sintomas iniciais da doença são pequenas pústulas foliares, de coloração castanha à marrom-escura. Na face inferior da folha as urédias rompem-se e liberam os uredósporos. Em casos de ataques severos, as folhas amarelecem secam e caem prematuramente, as plantas ficam secas, sofrendo abortamento de flores e vagens e

deficiência na granação, quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos. Tendo o seu controle principalmente baseado na aplicação de fungicidas (SANTOS et al., 2007; DEBORTOLI, 2008), as gotas de pulverização precisam vencer a barreira imposta pela massa mais externa de folhas, com o objetivo de promover uma cobertura em quantidade e uniformidade adequadas (FERREIRA & DI OLIVEIRA, 2009).

No campo a maioria das cultivares comerciais de soja são suscetíveis a ferrugem Asiática e a incorporação de resistência nesses materiais ainda poderão demorar muitos anos (MILES et al., 2007). O manejo da ferrugem da soja tem sido realizado principalmente com fungicidas (REIS & BRESOLIN, 2004; SILVA et al., 2009) aliados à estratégias integradas de manejo (DEBORTOLI, 2008), volumes de caldas de pulverização (PRADO et al., 2010), pontas de pulverização (CUNHA et al., 2008).

3. Uso de adjuvantes nas caldas de pulverização agrícola

Via de regra a calda utilizada na aplicação de produtos fitossanitários é formada pela água em maior volume, acrescida dos produtos formulados e sendo compatível com a maioria das formulações desses produtos (IOST, 2008; FERREIRA, 2010). Entretanto, a água possui uma tensão superficial elevada (em mN.m^{-1} , a 20°C: Água = 0,0728; Glicerina = 0,0594; Álcool etílico = 0,0228) o que faz com que a gota depositada mantenha a forma esférica e que a superfície de contato seja reduzida (BERGERON et al., 1999).

Para alterar a tensão superficial da água faz-se uso de adjuvantes denominados surfatantes, os quais adicionados à calda de pulverização e assim diminui a tensão superficial e aumentam a superfície onde se deposita (PALLADINI & SOUZA, 2005; DI OLIVEIRA, 2008). Essas mudanças nas propriedades do líquido pulverizado podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento destas em contato com o alvo (MILLER & BUTTLER ELLIS, 2000).

Segundo KISSMANN (1997), vários produtos de uso agrícola, principalmente os registrados como adjuvantes, são recomendados com o intuito de modificar as

características físico-químicas da calda de pulverização. Esses são classificados, de acordo com a sua atuação, como: quelatizantes e acidificantes, redutores de pH, surfatantes, ativadores nitrogenados, espalhantes adesivo, anti-espumantes, rebaixadores de fitotoxicidade, anti-evaporantes, espessantes, redutores de deriva e filtro solar, além dos adjuvantes complexos que possuem múltiplas funções

Várias pesquisas que avaliam os efeitos de adjuvantes sobre as propriedades físico-químicas de soluções aquosas têm sido realizadas. Essas demonstram que o grupo químico, a dosagem e a formulação dos adjuvantes interferem nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização (IOST, 2008; QUEIROZ et al., 2008, CUNHA & ALVES, 2009; FERREIRA, 2010), além de aumentar ou diminuir o tamanho da gota de pulverização (THEBALDI et al., 2009), reduzir a porcentagem de gotas menores que 100 μm que podem ser arrastadas pelo vento ou evaporadas (CUNHA et al., 2003), constituindo assim uma estratégia para a redução da deriva (THEBALDI et al., 2009).

MENDONÇA et al. (2007) estudaram a tensão superficial estática de soluções aquosas em diferentes concentrações com formulações de óleos de origem mineral e vegetais emulsionáveis utilizados como adjuvantes na agricultura. A tensão superficial das soluções aquosas foi estimada medindo-se a massa das gotas formadas na extremidade de uma bureta, e dentre os óleos minerais testados, destacaram-se os produtos: Assist, Dytrol, Iharol e Mineral Oil por apresentarem as menores tensões superficiais mínimas estimadas pela bureta, respectivamente, 29,255; 28,442; 26,097 e 28,584 mN m^{-1} . Os óleos vegetais que apresentaram os menores valores de tensão superficial mínima estimados pelo Modelo, foram: Agrex' oil Vegetal (27,716 mN m^{-1}), Natur'l óleo (28,216 mN m^{-1}), Veget Oil (27,308 mN m^{-1}) e Crop Oil (29,964 mN m^{-1}).

Já IOST (2008) avaliou em seus estudos o efeito de adjuvantes contendo a dose recomendada do produto comercial e o dobro dela sobre a tensão superficial dinâmica e ângulo de contato das gotas em diferentes superfícies, natural e artificial, uma hidrofílica (vidro) e outra hidrofóbica (óxido de alumínio) e folhas de *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*. As maiores reduções na tensão superficial dinâmica e os menores ângulos de contato das gotas sobre as superfícies

hidrofílica e hidrofóbica, bem como nas folhas foram obtidas pela adição dos adjuvantes Silwet L-77 e Supersil, nas duas doses avaliadas, em solução aquosa.

CUNHA & ALVES (2009) ao avaliarem o efeito da adição de adjuvantes comerciais de uso agrícola, na dose recomendada pelo fabricante (dosagem-cheia) e na metade da dosagem (meia-dosagem), além de uma amostra com apenas água destilada nas características físico-químicas de soluções aquosas verificaram que o efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das soluções aquosas mostrou-se dependente de sua composição química e formulação. Os mesmos autores observaram que comportamento dessas características não foi semelhante, mesmo para produtos com mesma indicação de uso, e que a alteração da dosagem influenciou as características físico-químicas de maneira diferenciada para cada adjuvante sendo o pH, a tensão superficial e a viscosidade as propriedades mais sensíveis à adição dos adjuvantes.

As gotas maiores, podendo-se considerar as maiores de 300 μm de DMV tendem a escorrer da superfície foliar, especialmente naquelas cerosas. Visando evitar o escorrimento e utilizar volumes de aplicação menores, pode-se lançar mão de agentes tensoativos para reduzir a tensão superficial da calda e melhorar a cobertura nas superfícies tratadas (FERREIRA, 2010), quando as gotas de pulverização são espalhadas nas folhas, essas podem ser retidas, refletidas ou fragmentarem-se em gotas menores, dependendo principalmente de seu tamanho, velocidade, 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 (HOLLOWAY, 1994).

A água é o veículo mais importante para a aplicação de produtos fitossanitários. No entanto, devido à elevada tensão superficial apresenta baixa capacidade de retenção quando aplicada sobre alvos com superfícies cerosas e hidrófobas, como a cutícula das plantas. A tensão superficial é variável de líquido a líquido e depende também dos solutos. No caso da água pura, a tensão tende a formar gotas esféricas. Fatores naturais, como a gravidade, causam deformações; forças diversas causam

rupturas com reagrupamento em gotículas menores (KISSMANN, 1997). 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 (IOST, 2008).

A tensão superficial está relacionada entre as propriedades dos adjuvantes que influenciam na atividade biológica dos produtos fitossanitários (GREEN & HAZEN, 1998). Os efeitos molhante, espalhante e penetrante são obtidos com a redução desta propriedade, sendo os surfatantes os adjuvantes que possuem a característica de modificar a tensão superficial da água (KISSMANN, 1997).

Para KISSMANN (1997), durante o processo de pulverização as gotas que são depositadas nas superfícies vegetais formam um ângulo de contato com a superfície da planta. O ângulo formado por esta gota irá depender de alguns fatores como a solução aplicada, além das características da superfície pulverizada. A água que é considerada o solvente universal e largamente utilizado nas aplicações líquidas ao entrar em contato com superfícies cerosas a área de contato será menor, e o ângulo de contato será maior; se a superfície for mais hidrófila a água da gota se espalhará podendo até formar um filme uniforme. Numa planta a molhabilidade de suas folhas depende dos constituintes de sua epiderme e, a atração pela água precisa ser maior que a tensão superficial desse líquido para uma boa molhabilidade.

O ângulo de contato influencia a distribuição da água ou da solução numa superfície, determinando assim, o molhamento da mesma. Quando este ângulo é igual a 0° trata-se de um caso extremo de máxima afinidade química entre a superfície e o líquido e, portanto, haverá espalhamento completo do líquido na superfície. Quando é igual ou muito próximo a 180° é o outro caso extremo, onde líquido não apresenta qualquer interação com a superfície. Quando o ângulo de contato é menor que 90° podemos considerar que a superfície é molhada pelo líquido (MOITA NETO, 2006).

4. Pontas de pulverização agrícola

As pontas de pulverização são fundamentais na qualidade da aplicação de produtos fitossanitários, podendo proporcionar tanto resultados positivos como tornar uma pulverização ineficiente para o objetivo desejado (BOSCHINI, 2006).

Para se obter maior e melhor cobertura e deposição do ingrediente ativo sobre os alvos se faz necessária a seleção correta dos bicos de pulverização, os quais são formados por um conjunto de componentes instalados no final do sistema hidráulico e por meio do qual a calda é fragmentada em gotas. Das partes constituintes do bico, a ponta de pulverização é a mais importante delas, por ser a responsável direta pela formação e distribuição das gotas (CHRISTOFOLETTI, 1999; MATUO, 1990; BAUER & RAETANO, 2004; FERREIRA et al., 2007), determina a vazão TOKURA (2006), e dessa forma tornando-se necessária a seleção correta das pontas de pulverização (CUNHA et al., 2008).

Para a aplicação de fungicidas na cultura da soja, são muito utilizadas pontas que produzem gotas finas. No entanto, em virtude deste espectro de gotas ser grandemente suscetível à deriva, tem-se tentado utilizar pontas que produzam gotas maiores, como as de jato plano com pré-orifício e até as de jato plano com indução de ar. Essas, no entanto, podem comprometer a cobertura das plantas, em razão de as gotas serem de maior tamanho. Consequentemente poderá haver menor controle de doenças (CUNHA et al., 2008).

De forma geral, gotas pequenas são facilmente transportadas pelo vento, porém propiciam maior cobertura do alvo, condição desejada, sobretudo, quando da utilização de fungicidas protetores (CUNHA et al., 2006). Há alternativas para compensar o aumento no diâmetro das gotas em relação à cobertura, como o aumento no fator de espalhamento, que pode ser conseguido com a utilização de adjuvantes ou o aumento no volume de aplicação (COURSHEE, 1967). Entretanto, se não forem bem utilizadas, ambas as alternativas podem não resultar em melhoria na cobertura e implicar apenas em aumento nos custos da aplicação e nos riscos ao operador e ao ambiente (FERREIRA & DI OLIVEIRA, 2009).

BOSCHINI (2006), ao avaliar a cobertura proporcionada por diferentes pontas de pulverização (jato plano simples, jato plano duplo, jato plano duplo com indução de ar e conico vazio) e volumes de aplicação (100, 200 e 300 L ha⁻¹) nos diferentes terços da planta de soja observou que o volume de calda que apresentou maiores deposições, nos diferentes extratos das plantas de soja foi o de 300 L ha⁻¹; a ponta de pulverização que apresentou maiores deposições no extrato superior das plantas, foi a de jato plano duplo e, para os extratos mediano e inferior, a ponta de jato cônico vazio; as deposições ocorridas nos extratos mediano e inferior das plantas de soja foram significativamente inferiores às obtidas no extrato superior, independentemente da ponta e do volume de aplicação utilizado; para maiores deposições no extrato superior das plantas de soja, a melhor combinação é utilizar pontas de jato plano duplo, com volumes de calda de 300 L ha⁻¹; para maiores deposições no extrato mediano e inferior das plantas de soja, a melhor combinação é utilizar pontas de jato cônico vazio modelo TX-VK8, e volumes de calda de 200 ou 300 L ha⁻¹.

5. Pressões de trabalho do sistema de pulverização

A pressão de trabalho exercida na ponta de pulverização interfere diretamente no diâmetro mediano volumétrico (DMV) de uma gota produzida por uma ponta de pulverização, comportando-se de maneira inversamente proporcional à pressão de trabalho (ANTUNIASSI et al., 2004).

Assim, para a obtenção de gotas maiores, a pressão pode ser reduzida, sendo o inverso também verdadeiro. Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100 µm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (SUMNER, 1997; MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000), sendo a eficácia biológica da aplicação dependente da qualidade da cobertura ou depósito assim como redução das perdas por deriva e evaporação, proporcionadas pelo diâmetro de gotas (OZEKI & KUNZ, 1998). Esta classe de gotas em geral aumenta com o aumento da pressão de trabalho em pontas de pulverização de energia hidráulica.

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de avaliar os efeitos das pressões de trabalho no sistema de pulverização, na formação das gotas e no trajeto dessas até o alvo.

Para CUNHA et al. (2007) que avaliaram o espectro de gotas de pontas de jato plano (API 110-02, API 110-04, ADI 110-02) nas pressões de trabalho de 200, 300 e 400 kPa verificaram efeito significativo no coeficiente de uniformidade e no diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função das pressões de trabalho. Já COSTA et al. (2007) ao avaliarem os efeitos da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência em campo verificaram que a redução na pressão de pulverização reduziu a deriva em função do tipo de ponta de pulverização.

BOLLER & MACHRY (2007) avaliaram os efeitos da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização da série Teejet XR 110015, DG 110015 e TT 110015 operadas com pressões de 100; 200 e 300 kPa sobre a eficiência de herbicida bentazon de contato em soja. O aumento da pressão de pulverização na aplicação do herbicida pós-emergente de contato bentazon em pós-emergência aumentou a eficácia de controle das plantas daninhas.

6. Volumes de aplicação em pulverizações agrícolas

Segundo MATUO (1990), volume de aplicação corresponde ao volume de calda aplicado por unidade de área, peso ou volume. Sendo este elemento perceptível aos olhos do responsável pelo trabalho de pulverização, e o mínimo de volume utilizado que proporcione o efeito biológico desejado, como volume baixo (PALLADINI & SOUZA, 2005).

Não há um volume fixo de calda a ser utilizado por hectare, podendo este variar de acordo com vários fatores entre os quais podemos citar o tipo de pulverizador, o porte das plantas, o espaçamento entre linhas, densidade de plantio, as condições climáticas, a praga a ser controlada e o estágio de desenvolvimento da planta (PALLADINI & SOUZA, 2005). MATUO (1990) afirma que o volume de pulverização a

ser utilizado será sempre consequência da aplicação eficaz e nunca uma condição pré-estabelecida.

Prática comum na cultura da soja era a aplicação de volumes superiores a 200L ha⁻¹. Entretanto, existe tendência a se reduzir o volume de calda, visando a diminuir os custos de aplicação e aumentar a capacidade operacional, sem comprometer a eficiência do tratamento realizado para controle de doenças e insetos (CUNHA et al., 2006; SCHMIDT, 2006; DI OLIVEIRA, 2008). Pulverizações com pontas e volumes de calda inadequados são causadores de perdas de produtividade da cultura da soja (EMBRAPA, 2004).

Reduções no volume de calda podem ser alcançadas por meio do aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador, da redução da pressão de trabalho e, principalmente, da utilização de pontas com vazão baixa, capazes de produzir gotas menores com boa cobertura do alvo. Deve-se, neste caso, ter mais atenção às condições ambientais, pois gotas menores estão mais sujeitas a perdas por deriva e por evaporação (MATUO et al., 2001).

Trabalhos realizados por CUNHA et al. (2008) avaliaram o efeito de diferentes volumes de pulverização no controle da ferrugem Asiática da soja e obtiveram acréscimo na produtividade de 34% em comparação ao tratamento testemunha quando utilizaram a ponta de jato plano API 11002 e volume de 160 L ha⁻¹. No geral resultados semelhantes de produtividade foram encontrados por PRADO et al. (2010) ao avaliarem a velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem Asiática e produtividade da soja. Para UGALDE (2005) na cultura da soja volumes de calda de 120 e 160 L. ha⁻¹ proporcionaram cobertura de gotas mínima eficiente para fungicida sistêmico de 45 e 60 gotas.cm⁻², respectivamente.

Já FERREIRA et al. (1998) ao avaliarem o efeito de redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas bentazon, lactofen e fomesafen em pós-emergência sobre o controle de plantas daninhas e a seletividade para a cultura da soja, verificaram que não ocorreu diferença significativa entre os volumes de aplicação estudados, possibilitando o uso de 75 L ou 150 L de calda/ha aplicados nos horários mais favoráveis a cada um dos herbicidas.

7. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes grupos de adjuvantes, pressões de trabalho, volumes de calda e pontas de pulverização hidráulicas sobre o espectro de gotas, tensão superficial das caldas e os efeitos sobre o controle da ferrugem Asiática da soja.

8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar os efeitos no espectro de gotas de diferentes grupos químicos de adjuvantes submetidos a quinze diferentes pressões de trabalho em três modelos de pontas de pulverização;
- b) Observar a cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de diferentes grupos químicos de adjuvantes em contato com superfície foliar de plantas de soja;
- c) Verificar a cobertura e deposição, a produtividade e a severidade da ferrugem Asiática na cultura da soja em função de três grupos de adjuvantes, três pontas de pulverização e dois volumes de calda.

9. REFERÊNCIAS

ANTUNIASI, U. R.; T. V. CAMARGO, M. A. P. O. BONELLI & E. W. C. ROMAGNOLE. 2004. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. p. 48-51. In Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Anais...** 3. Fepaf, Botucatu, SP, 2004. 267 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE SOJA. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta Santa Cruz, 2010. 144p.: Il.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.22, n.2, p.275-84, 2004.

BERGERON, V.; MARTIN, J.Y.; VOVELLE, L. Interaction of droplets with a surface: impact and adhesion. **Agro Food Industry Hi-Tech**, v.10, n.5, p.21-3, 1999.

BOLLER, W & MACHRY, M. Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicida de contato em soja. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, SP, v.27, n.3, p.722-727, set./dez.2007.

BOSCHINI, L. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume de aplicação, na cultura da soja**. 2006. 51p. Dissertação de Mestrado (Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2006.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: SP, Teejet, 1999. 15 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, sétimo levantamento, abril 2010, safra 2009/2010, / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF: Conab, 42 p. 2010.

CORSO, I. C.: Manter-se atento as orientações dos técnicos é regra para evitar o uso indiscriminado de inseticidas, que afetam o equilíbrio natural da lavoura. **Agrianual 2007**, 136 p. 2006. Disponível em: <<http://www.agrianual.com.br>>. Acesso em: 05 nov 2006.

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

COURSHEE, R.J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D.C. ed. **Fungicide – An advance treatise**, Academic Press, New York, EUA, 1967, 239-86.

CUNHA, J. P A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L. da; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.28, n.2, p.283-291, 2008.

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, SP, v.27, n.esp., p.10-15, jan. 2007.

CUNHA, J. P. A. R. & ALVES, G. S.; Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciencia**. Caracas, Venezuela, v. 34, n. 9, p. 655-659, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F. dos; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem Asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.36, n.5, p.1360-1366, set-out, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.325-32, 2003.

DEBORTOLI, M. P. **Efeito do “rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja**. Dissertação (Mestrado). 2008. 58p. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2008.

DI OLIVEIRA, J. R. G.; **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda**. Dissertação de (Mestrado). 2008. 76p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008.

EMBRAPA SOJA - **Tecnologias de produção de soja – Paraná**, 2006. Londrina, PR, 2005. 208p.

EMBRAPA SOJA - **Tecnologias de Produção de Soja - região central do Brasil 2007**. Londrina, PR: **Embrapa Soja**: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225p.

EMBRAPA SOJA - **Tecnologias de produção. Região Central do Brasil – 2005. Tecnologias de produção de soja – 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. 239p.

EMBRAPA SOJA - **Doenças e medidas e controle**. In **Tecnologia de produção de soja região central do brasil**. 2003. Disponível em www.cnpso.embrapa.br/sistema_de_producao/doenca.htm

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 2, 2007.

FERREIRA, M. C. **Métodos de amostragem do padrão do jato aspergido: arraste e distribuição de gotas em função da adição de adjuvantes à calda e à pressão de trabalho com diferentes pontas de pulverização de energia hidráulica.** Tese (Livre docência), 2010. 75p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2010.

FERREIRA, M. C.; DI OLIVEIRA, J. R. G. Tecnologia de aplicação de produtos Fitossanitários na cultura da soja com ênfase para inseticida e fungicida na fase reprodutiva. In: XXX reunião da pesquisa de Soja da Região central do Brasil/ Londrina, PR. Embrapa Soja, 2009. 350p. (**Documentos Embrapa Soja**).

FERREIRA, M. C.; MACHADO NETO, J. G.; MATUO, T. Redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas em pós-emergência na cultura da soja. **Planta Daninha**, Londrina, PR, v.16, n.1, 1998

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.29, n.1, p.97-101, 2004.

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. **Proceedings**. Memphis: ISAA, 1998. p. 25-36.

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.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas.** 2008. 63f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2008.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A.C.; JULIATTI, A.C.; Manejo Integrado de Doenças na Cultura da soja. **Uberlândia**, MG: UFU. 2004, 327p.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu, MG.

- Palestras...** Caxambu, MG: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997.p. 61- 77.
- MATUO, T. **Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Jaboticabal, SP: Funep, 1990. 139p.
- MATUO, T.; PIO, L. C; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **ABEAS - Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001. 85 p.
- MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal SP, v.27, n.esp., p.16-23, jan. 2007.
- MILES, M. R. et al. International fungicide efficacy trials for the management of soybean rust. **Plant Disease**. v. 91, p.1450-1458, 2007.
- MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, v. 19, p.609-615, 2000.
- MIYASAKA, S. **A soja no Brasil central: Pragas da soja**. Fundação Cargill 3º edição. Campinas, SP, P3-19. 1986.
- MOITA NETO, J. M. **Molhamento e ângulo de contato** março de 2006. Teresina: Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Piauí. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/ciencia/documentos/Molhamento.PDF>>. Acesso em: 20 out. 2007.
- MURPHY, S. D.; MILLER, P.C.H; PARKIN, C.S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.75, n.2, p.127-37, 2000.
- OERKE, E.C. Soybean/soya bean (*Glicine max.*). In: **Non-Cereal crops and plant protection**. 1993. 12p.
- OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea – aspectos práticos. In: **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**, 2., 1998. Santa Maria, RS, Departamento de Defesa Fitossanitária, Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 65-78.

- PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Sistema de produção de uva de mesa no norte do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, 2005.
- PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F. Major rural accident: the pesticide "rain" case in Lucas do Rio Verde city - MT. **Ciência saúde coletiva**, Rio de Janeiro, RJ, v. 12, n. 1, 2007.
- PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JÚNIOR, H. O.; DAL POGETTO, M. H. F. do A.; CHRISTOVAM, R. de S., JÚNIOR GIMENES, M.; ARAÚJO, D. de. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem Asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathol**, Botucatu, SP, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010
- QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J P. A. R. da. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience. Journal.**, Uberlândia, MG, v. 24, n. 4, p. 8-19, Oct./Dec. 2008
- REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. Fatores climáticos e doenças de plantas. In: Reis, E. M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo, RS. Universidade de Passo Fundo. 2004. P. 23-45.
- SANTOS, J. A.; JULIATTI, F. C.; SANTOS, V. A.; POLIZEL, A.C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.42, n.3, p.443-7, 2007.
- SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado**. 2006. 47. F (Dissertação de Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2006.
- SILVA, A. J. da S.; CANTERI, M. G.; SANTIAGO, D. C.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. L. da. A refletância na estimativa do efeito de fungicidas no controle da ferrugem Asiática da soja. **Summa Phytopathol**, Botucatu, SP. v. 35, n. 1, p. 53-56, 2009.
- SUMNER, P.E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005).

THEBALDI, M. S.; REIS, E. F. DOS; GRATÃO, P. T. S.; SANTANA, M. S. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio.

Revista Ciências Técnicas Agropecuárias, Havana, Cuba, v. 18, n. 2, 2009.

TOKURA L. K. **Efeito de pontas de pulverização e da palha de milho na deposição de calda aplicada em pós-emergência inicial das plantas daninhas.**

2006. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2006.

UGALDE, M. G. **Controle de ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja.** 2005. 85f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

WOLF, R.E. **Strategies to reduce spray drift.** Kansas, EUA: KSU, 2000. 4 p. (Application Technology Series).

YORINORI, J. T.; JUNIOR, J. N.; LAZZAROTO, J. J. Ferrugem “Asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Londrina, PR: Embrapa Soja.

Documentos nº. 247, 2004, 36p.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v. 89, p. 675-677, 2005.

CAPÍTULO 2 - ESPECTRO DE GOTAS PRODUZIDAS POR PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO PLANO EM FUNÇÃO DE ADJUVANTES E DA PRESSÃO DE TRABALHO.

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos sobre o espectro de gotas de seis adjuvantes comerciais (Agral, Agridex, LI 700, MSO, TA 35, Veget Oil) e Água e três modelos de pontas de pulverização de jato plano (TT, TTJ e DLAD 110 02) em função de quinze diferentes pressões de trabalho (200 a 480 kPa). No Laboratório de Análise de Tamanho de Partículas, UNESP, Jaboticabal, SP, preparou-se oito litros de calda para cada tratamento, obedecendo a recomendação do fabricante. Procedeu-se a avaliação do espectro de gotas em um medidor de partículas a laser modelo Mastersizer S (Malvern Instruments Ltd). Foram avaliados: diâmetro mediano volumétrico, coeficiente de uniformidade e porcentagem do volume de gotas $\leq 100\mu\text{m}$. Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 3 x 7 x 15 (Pontas x Adjuvantes x Pressões), com três repetições e os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, além de se proceder a análise de regressão. Os adjuvantes apresentaram comportamento distinto destacando-se o LI 700, Agridex e Veget Oil com maior uniformidade do espectro de gotas, caracterizada pelo menor coeficiente de uniformidade e percentual de gotas sujeita a deriva, os modelos de pontas defletora ofereceram as melhores características em todas as faixas de pressão e nas maiores houve maior uniformização do espectro de gotas.

Palavras - chaves: tecnologia de aplicação, gotas maciças, surfatantes.

DROPLET SPECTRUM PRODUCED BY SPRAYING FLAT FAN NOZZLE DUE ADJUVANT AND WORK PRESSURE

ABSTRACT - The objective was to evaluate the effects on the droplet spectrum of six commercial adjuvant (Agral, Agridex, LI 700, MSO, TA 35, Veget Oil) and Water and three models of flat fan spray nozzles (TT, TTJ and DLAD 110 02) according to fifteen different pressures (200-480 kPa). In the Laboratory of Particle Size Analysis, UNESP, Jaboticabal, SP, prepared two gallons of syrup for each treatment, following the manufacturer's recommendation. We proceeded to evaluate the droplet spectrum in a laser particle meter model Mastersizer S (Malvern Instruments Ltd). Were evaluated: volume median diameter, uniformity coefficient and percentage volume drops $\leq 100\mu\text{m}$. The treatments were arranged in a factorial $3 \times 7 \times 15$ (Tips x Adjutants x Pressures) with three replicates and data were submitted to analysis of variance and means compared by Tukey test, and proceeding to regression analysis. Adjuvants showed different emphasis on the LI 700, Agridex, Veget Oil and high uniformity of the droplet spectrum, characterized by lower coefficient of uniformity and percentage of drops subject to drift, the models offered Deflectors the best features on all tracks pressure and at higher pressures there was greater uniformity in the droplet spectrum.

Key - words: application technology, massive drops, surfactants.

1. INTRODUÇÃO

A pressão de trabalho do sistema de pulverização é de grande relevância para as pontas de pulverização de energia hidráulica, pois por meio delas pode-se interferir no espectro de gotas, na vazão e no ângulo do jato aspergido. Essa interferência poderá favorecer ou prejudicar a cobertura e a deposição da calda aplicada em relação ao alvo desejado e na perda de gotas por deriva ou evaporação (CUNHA et al., 2008).

A avaliação do espectro de gotas é de grande importância, pois, dependendo do alvo a ser controlado, requer gotas de maior ou menor diâmetro. Esse fator sofre interferência direta do modelo de ponta, distância em relação ao alvo, pressão de pulverização, ângulo de inclinação da ponta, tipo de calda e adjuvante utilizados na pulverização, entre outros fatores (CÂMARA et al., 2008; QUEIROS et al., 2008).

Durante as aplicações de produtos fitossanitários, não devem ser produzidas gotas muito maiores nem muito menores do que aquelas selecionadas como as que foram determinadas para atingir o alvo desejado. É preciso conhecer as características técnicas das pontas para a sua correta seleção e, com isso, obter aplicações eficientes e seguras ambientalmente. As pontas tradicionais, que operam com pressão hidráulica, a formação de gotas é bastante desuniforme, dificultando, muitas vezes, a cobertura adequada ao alvo. Esse fator é comumente compensado na prática pelo uso de volumes de aplicação maiores do que o requerido para uma determinada superfície vegetal a ser recoberta pelas gotas em uma pulverização.

O uso de adjuvantes nas caldas de pulverização aplicadas com diferentes pontas de energia hidráulica associadas a uma faixa de pressão de trabalho mais adequada pode influenciar o espectro de gotas, proporcionando maior uniformidade de gotas com menor risco de deriva.

Neste contexto, os objetivos desse trabalho foram avaliar os efeitos de diferentes pressões de trabalho, adjuvantes comerciais em soluções aquosas e modelos de pontas de pulverização hidráulica de jato plano sobre o diâmetro mediano volumétrico, coeficiente de uniformidade e percentual de gotas menores ou iguais a 100 micrometros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Tamanho de gotas

As avaliações do tamanho das gotas foram realizadas no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR) do Departamento de Fitossanidade da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP.

Para realizar as avaliações foram preparados oito litros de calda o suficiente para realizar as leituras para cada tratamento, obedecendo a recomendação do fabricante. Foi utilizado como solvente a água destilada, para diluição dos adjuvantes testados. As soluções contendo os adjuvantes foram preparadas minutos antes da análise. Foi avaliado também o tamanho das gotas obtido apenas com água destilada.

Foram utilizadas três pontas de pulverização de energia hidráulica, dos modelos TT, TTJ e DLAD, todas com vazões 0,79 L/min, e com angulação do jato de 110°, na pressão de 300 kPa, utilizada pelos fabricantes na caracterização de suas pontas de pulverização (Figura 1). Esses modelos são comumente utilizados na aplicação de inseticidas e de fungicidas em diversas culturas no Brasil e em diferentes pressões de trabalho à campo. São pontas de jato plano, com padrão de gotas de finas a médias (TEEJET, 2011; KGF, 2011).

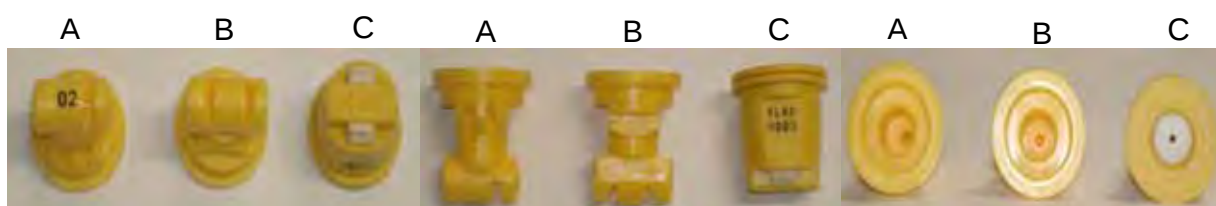


Figura 1. Pontas de pulverização hidráulicas. A - TT; B – TTJ; C – DLAD, 110 02, Jaboticabal, SP, 2011.

As pressões de trabalho avaliadas foram de 200 a 480 kPa, em intervalos de 20 kPa. Essas pressões foram analisadas com o intuito de modelar o comportamento do

diâmetro de gotas em função da pressão, para os diferentes adjuvantes avaliados (Tabela 1).

Para avaliar o espectro de gotas a técnica predominantemente usada é a da difração do raio laser, a qual se mostra rápida, precisa e exata, principalmente para gotas entre 0,05 μm e 3000 μm (FERREIRA, 2008).

Na avaliação do tamanho das gotas foi utilizado o medidor de partículas a laser modelo Mastersizer da Malvern Instruments Ltd., tendo como parâmetros técnicos: um canhão de laser He-Ne de 5 mW de potência com comprimento de onda de 633 nm e faixa de medição de gotículas de 0,05 a 3500 micrometros. O equipamento é conectado a um computador que analisa e armazena as informações através do software Mastersizer - S v.2.19 (Figura 2).

Durante a avaliação, a ponta de pulverização foi movimentada de modo que as gotas aspergidas interceptassem transversalmente o laser, possibilitando assim, a amostragem de toda a faixa do jato aspergido pela ponta de pulverização. O aparelho dispõe de unidade óptica que detecta padrão de difração da luz ao passar por um conjunto de partículas. O desvio que os raios sofrem dependem do tamanho de partícula. Quanto menor a partícula, maior o grau de difração que os raios sofrem.



Figura 2. Laser modelo Mastersizer medidor do tamanho de gotas, Jaboticabal, SP, 2011.

Foram selecionados seis produtos comercialmente utilizados como adjuvantes no Brasil. Cada produto pertence a um grupo químico, com a finalidade de avaliar e comparar suas características em relação ao espectro do tamanho de gotas (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos produtos: marca comercial, ingrediente ativo, grupo químico e dosagem, Jaboticabal, SP, 2011.

Ingrediente ativo	Marca comercial	Grupo químico	Dosagem ml/100L de água
Fosfatidilcoline e Ácido propiônico	LI 700	Fosfatidilcoline e Ácido propiônico	500
Noni Poli (Etilenoxi) Etanol	Agral	Alquil Fenóis Etoxilado	30
Lauril Eter Sulfato de Sódio	TA35	Lauril Éter Sulfato de Sódio	50
Óleo vegetal	Veget Oil	Ésteres de ácidos graxos	500
Óleo mineral	Agridex	Hidrocarbonetos alifáticos	200
Ester metílico + álcool etoxilado	MSO	Ester metílico de origem vegetal	200
Água destilada	-	-	

Para cada um dos modelos de pontas avaliadas foram selecionados três exemplares, (TT, TTJ e DLAD) por sua vez avaliados em três replicatas, totalizando nove repetições por tratamento. Foram determinados o diâmetro mediano volumétrico (DMV), a porcentagem de volume de gotas com diâmetro menores ou iguais a 100 μm (% gotas $\leq 100\mu\text{m}$) e o coeficiente de uniformidade (COEF).

As condições ambientais foram monitoradas durante os dias de avaliação com o auxílio de um termo-higrômetro (Tabela 2). A umidade relativa permaneceu constante na sala do laboratório durante as avaliações provavelmente em função dos jatos de calda aspergidos pelo medidor de tamanho de partículas.

Tabela 2. Temperatura e umidade relativa no laboratório de análise do tamanho de partículas, Jaboticabal, SP, 2011.

Data	T^oC	U. R. (%)
06/04/09	24,4	28
13/04/09	23,6	28
21/04/09	22,8	28
05/05/09	20	28

T- Temperatura; U. R. – Umidade relativa.

Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 3 x 7 x 15 (Pontas x Adjuvantes x Pressões). Os dados relativos ao DMV, COEF e porcentagem de gotas menores ou iguais a 100 µm foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, além de proceder a análise de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Efeito de adjuvantes e pontas de pulverização sobre diâmetro mediano volumétrico, coeficiente de uniformidade e porcentagem de gotas ≤100µm.

Houve efeito significativo para todos os parâmetros avaliados em todos os fatores estudados individualmente. E ainda, efeito significativo para as interações duplas, adjuvantes x pontas, pontas x pressões em todos os parâmetros estudados, exceto para a interação adjuvantes x pressões para o qual se verificou efeito significativo apenas no parâmetro coeficiente de uniformidade (Tabela 3).

Tabela 3: Teste F para diâmetro mediano volumétrico (DMV), coeficiente de uniformidade (COEF) e percentual de gotas $\leq 100\mu\text{m}$, Jaboticabal, SP, 2011.

Fonte de variação	GL	DMV	COEF	% gotas $\leq 100\mu\text{m}$
Adjuvantes	6	71,00**	173,81**	10,52**
Pontas	2	3090,97**	2790,19**	665,69**
Pressão	14	310,11**	31,19**	172,55**
Adjuvantes X Pontas	12	24,39**	24,98**	38,80**
Adjuvantes X Pressões	84	1,10 ^{NS}	1,41*	0,72 ^{NS}
Pontas X Pressões	28	24,39**	5,32**	3,08**
Adjuvantes X Pontas X Pressões	168	0,84 ^{NS}	1,21 ^{NS}	0,95 ^{NS}

** e * Significativo pelo teste F, a 1% e 5 % respectivamente de probabilidade; NS- Não significativo; GL- graus de liberdade, temperatura 20-24^o e umidade relativa 28%.

Para o DMV as caldas com os adjuvantes TA 35 e MSO não diferiram entre si e produziram gotas de maior tamanho em relação às demais caldas (Tabela 4). Os adjuvantes podem ter um efeito significativo sobre o tamanho de gotas em pulverizações agrícolas (BUTLER ELLIS et al., 1997). A esse respeito os adjuvantes denominados como redutores de deriva têm sido desenvolvidos para modificar o espectro de gotas, mas muitos outros adjuvantes, utilizados para melhorar a dinâmica da gota sobre o alvo, também influenciam o tamanho das gotas (THEBALDI et al., 2009). Isto foi observado neste estudo com a adição dos adjuvantes TA 35 e MSO, que aumentaram o diâmetro das gotas. O aumento no DMV de soluções aquosas contendo os surfatantes TA 35 e MSO provavelmente se deve à redução da tensão superficial, que promoveu um desarranjo das moléculas de água que tendem a permanecer unidas na ausência destes surfatantes (IOST, 2008). As caldas com os adjuvantes Agral e Veget Oil, não diferiram estatisticamente, e produziram gotas maiores do que a calda com o adjuvante LI 700 o qual resultaram nas menores gotas em relação aos demais adjuvantes testados (Tabela 4).

A calda com o adjuvante LI 700 produziu gotas de maior homogeneidade, caracterizado pelos menores valores de coeficiente de uniformidade diferindo estatisticamente das demais caldas. Com isto, embora as gotas formadas por este adjuvante tenha resultado nos menores DMV, a porcentagem de gotas menores que

100 μm somente difere da calda com Agridex e Veget Oil, que resultou nos menores maiores valores respectivamente.

Esta conjunção de fatores indica características interessantes para o adjuvante uma vez que o menor DMV deverá enriquecer a cobertura do alvo e a melhor uniformidade implica em manutenção do status potencial da deriva, sem aumentá-lo. Se o modelo de ponta selecionada produzir gotas do tamanho adequado as características deste adjuvante teoricamente favorecerão a obtenção dos resultados de cobertura e deposição almejados, nas maiores pressões avaliadas (360 a 480 kPa).

Resultados semelhantes foram observados por FERREIRA (2010), ao avaliar métodos de amostragem de pontas de pulverização de energia hidráulica, com diferentes adjuvantes na calda e seus efeitos sobre características qualitativas do espectro aspergido, observou redução do DMV com a adição do LI 700 na calda de pulverização.

As caldas com os adjuvantes MSO, Agral e Veget Oil produziram a maior porcentagem de gotas menores ou iguais a 100 μm . Já a calda com o adjuvante Agridex proporcionou o menor valor de porcentagem de gotas suscetíveis a deriva. Esse fator é importante no momento de se escolher um adjuvante, uma vez que gotas menores do que esse diâmetro são facilmente perdidas por deriva ou evaporação. Quanto menor for esse valor, menor o risco de perda do produto fitossanitário durante uma aplicação ocasionada pelo arrastamento das partículas menores (CUNHA et al., 2003).

A deriva e a evaporação de gotas são considerados os principais fatores que afetam as perdas durante a pulverização. Para compensar essas perdas os produtores costumam aumentar as dosagens dos produtos fitossanitários e os volumes de aplicação, o que aumenta os custos da aplicação. Assim, dependendo do alvo, deve-se atentar para que não sejam produzidas gotas muito grandes nem muito pequenas. Gotas menores que 100 μm são arrastadas com facilidade pelo vento e gotas maiores que 800 μm tendem a escorrer da superfície das folhas (LEFEBVRE, 1989).

Tabela 4. Médias de diâmetro mediano volumétrico (DMV), coeficiente de uniformidade (COEF) e porcentagem de gotas menores ou iguais a 100 μm (% G $\leq$ 100 μm) com diferentes adjuvantes, pontas de jato plano e pressões de trabalho. Jaboticabal, SP, 2011.

Adjuvantes	DMV	COEF	% G $\leq$ 100 μm
AGUA	184,85 c	1,519 a	16,00 cd
TA 35	189,41 a	1,522 a	16,69 bc
MSO	188,55 ab	1,431 b	17,05 ab
AGRIDEX	185,21 bc	1,402 c	15,82 d
AGRAL	176,51 d	1,453 b	17,07 ab
VEGET OIL	176,21 d	1,365 d	17,54 a
LI 700	170,33 e	1,276 e	16,71 bc
Dms	3,59	0,027	0,78
Pontas			
DLAD	217,36 a	1,687 a	13,68 c
TTJ	168,07 b	1,285 c	16,41 b
TT	159,31 c	1,300 b	20,00 a
Dms	1,87	0,014	0,40
C.V(%)	5,50	5,37	13,04

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); Dms - Diferença mínima significativa, C.V- Coeficiente de variação, temperatura 20-24^o e umidade relativa 28%.

A ponta DLAD proporcionou o maior DMV diferindo das pontas TTJ e TT que produziram respectivamente os menores diâmetros de gotas porém diferindo entre si.

A ponta TTJ produziu espectro de gotas mais homogêneo, caracterizado pelo menor valor do coeficiente de uniformidade, diferindo estatisticamente das pontas DLAD e TT que proporcionaram os maiores valores.

Pela Tabela 4 verifica - se que a ponta DLAD obteve o menor percentual de gotas suscetíveis à deriva diferindo estatisticamente das pontas TTJ e TT que produziram gotas menores. A interpretação desses dados permite que se estime o potencial de deriva da aplicação. Quanto menor essa porcentagem, menor o risco de deriva do agrotóxico durante a aplicação. No Brasil não existe valor-padrão indicativo de risco de deriva ou de aplicação segura. Em geral, valores inferiores a 15% do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm parecem ser mais adequados a uma aplicação segura (CUNHA et al., 2003).

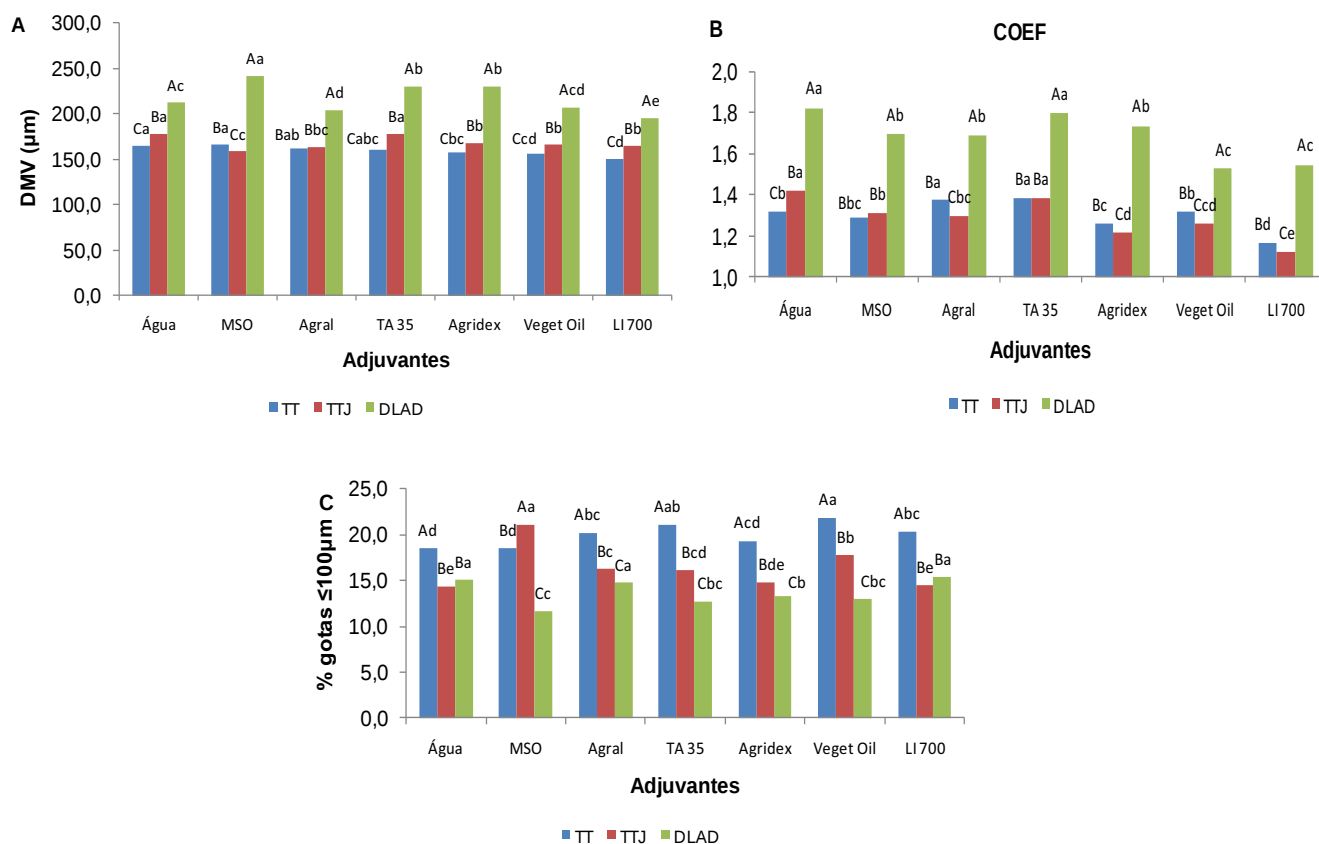


Figura 3. Teste estatístico de comparação de médias referentes a interação entre os fatores adjuvantes x pontas para os parâmetros diâmetro mediano volumétrico (DMV) - **A**, coeficiente de uniformidade (COEF) - **B** e porcentagem de gotas menores ou iguais a 100 μm (% gotas ≤ 100 μm) - **C**, Jaboticabal, SP, 2011.

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras minúsculas comparam os adjuvantes, letras maiúsculas comparam pontas.

Para o DMV as caldas com o adjuvante MSO aplicadas com a ponta DLAD obtiveram o maior diâmetro de gotas, enquanto a calda com o adjuvante LI 700 aplicada com a ponta TT proporcionou as menores gotas. Observou-se que a calda contendo LI 700 aplicada com a ponta TTJ obteve a maior homogeneidade de gotas, com menor valor estatístico do coeficiente de uniformidade (COEF), as caldas contendo TA 35 e Água aplicadas com a ponta DLAD proporcionaram maior variação entre a

homogeneidade das gotas formadas, diferindo estatisticamente das demais pontas. Para o parâmetro porcentagem de gotas menores ou iguais a 100 μm verificou-se que as caldas contendo os adjuvantes TA 35 e Veget Oil aplicadas com a ponta TT obtiveram o maior percentual de gotas nesse padrão. Por outro lado as caldas contendo os adjuvantes MSO, TA35 e Veget Oil aplicadas com a ponta DLAD obtiveram o menor valor de gotas suscetíveis a deriva (Figura 3).

Em várias pesquisas obtiveram resultados semelhantes aos obtidos nesse trabalho e evidenciam a interferência das pontas de pulverização e das pressões de trabalho no espectro de gotas. Trabalho realizados por CUNHA et al. (2004), que estudaram o espectro de gotas de soluções aquosas na faixa de pressão de 200 a 400 kPa para as pontas de jato plano API, e de 400 a 600 kPa para as pontas de jato cônico vazio ATR observaram que as pontas de pulverização de jato cônico vazio apresentaram gotas de menor tamanho em relação aquelas produzidas pelas pontas de jato plano, proporcionando maior densidade de gotas depositadas sobre a superfície alvo.

3.2. Desdobramento da interação entre pressões x pontas sobre diâmetro mediano volumétrico (DMV).

Na Figura 4 é apresentada a análise de regressão para o DMV em função dos fatores pressões e pontas. Observou-se o efeito principal das pressões de trabalho no DMV (Figura 4A) com redução no tamanho da gota produzida pelos três modelos de pontas em função do incremento das pressões de trabalho. Observou-se formação de gotas maiores na faixa de trabalho de 200 a 360 kPa, gotas menores foram observadas na faixa de trabalho de 380 a 480 kPa. Verificou-se, porém que o comportamento não é linear, tendendo a assintótico com o aumento da pressão.

Na interação entre pressões x pontas observou-se semelhança entre as pontas TT e TTJ que produzem respectivamente gotas na faixa de (192,25 e 200,19 μm) na menor pressão testada (200 kPa) e gotas com 137,96 e 150,42 μm na maior pressão testada (480kPa), diferindo da ponta DLAD que produziu gotas maiores (286,38 μm) na

menor pressão (200 kPa) e (176,12 μm) na maior pressão de 480 kPa (Figura 4B). O comportamento observado na ponta DLAD provavelmente ocorreu pelo pré-orifício existente no corpo da ponta que diminui a pressão atribuída no sistema, em consequência ocorre a formação de gotas com diâmetro maior na mesma pressão em relação às pontas TT e TTJ. A característica mais marcante, entretanto, é a que há uma redução muito mais acentuada ao diâmetro das gotas produzidas pelo modelo DLAD em relação aos modelos defletores, devido ao aumento da pressão. Provavelmente isto se deve pela maneira em que as gotas são formadas no modelo com pré-orifício a perda de carga pode significar um atraso na uniformização das gotas, uma vez que o aumento da pressão resulta nesta uniformidade, conforme descrito anteriormente. Já nos modelos defletores as gotas são formadas pelo impacto da calda no anteparo de deflexão, esperado uma influência mais direta e imediata da pressão.

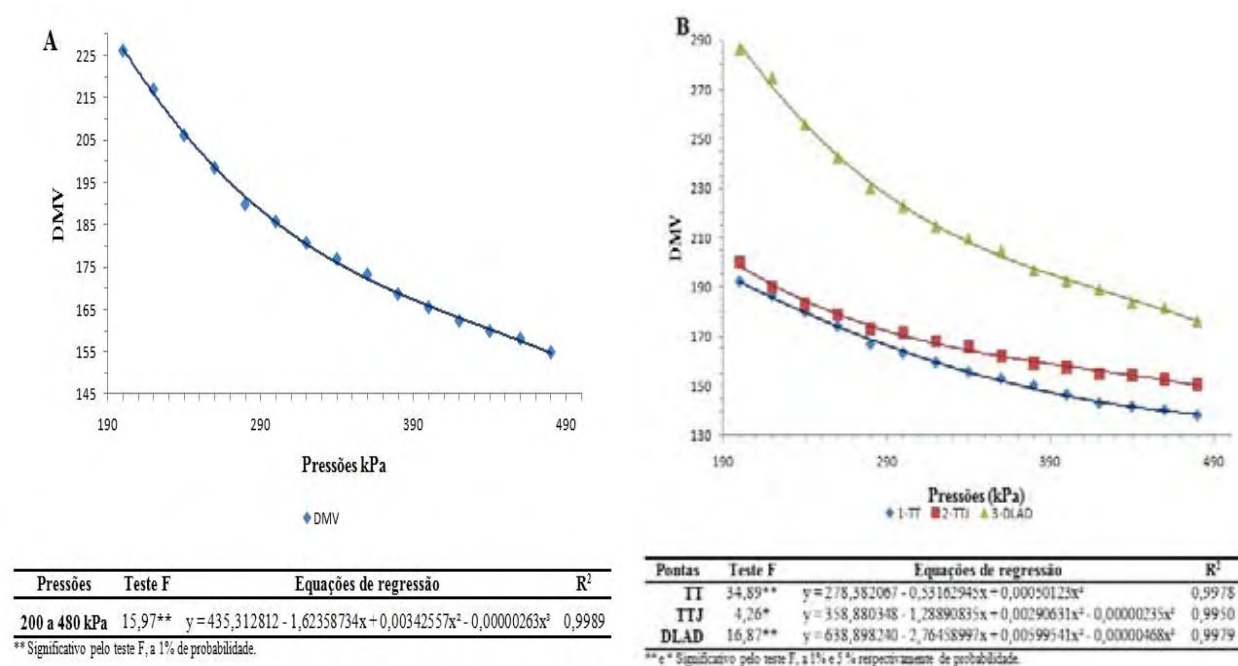
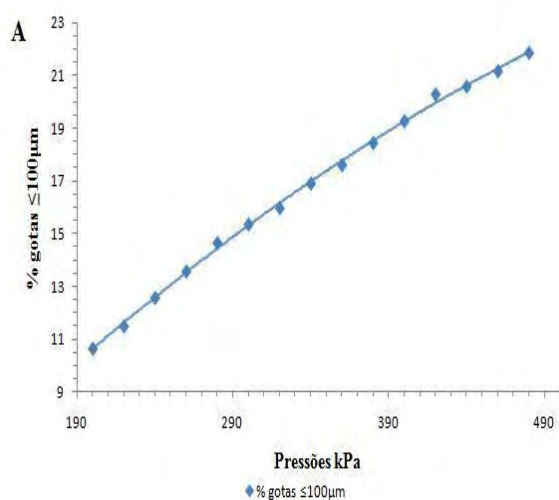


Figura 4. Análise de regressão para diâmetro mediano volumétrico (DMV). A- Efeitos de pressões; B - Efeitos de pressões dentro de pontas. Jaboticabal, SP, 2011.

3.3. Desdobramento da interação entre pressões x pontas sobre o percentual de volume em gotas $\leq 100\mu\text{m}$.

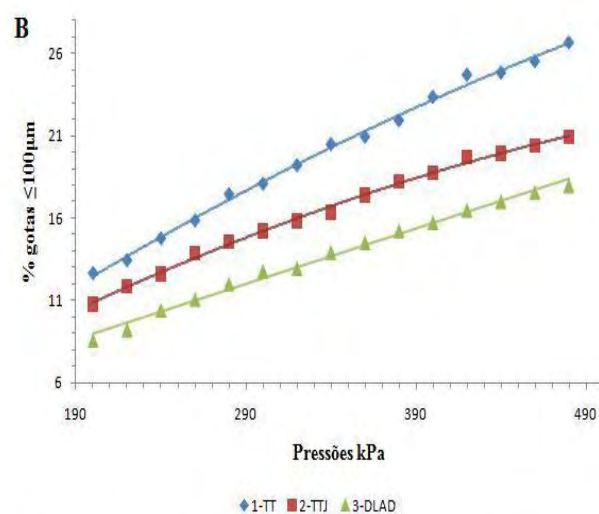
O percentual de gotas suscetíveis à deriva aumentaram gradativamente em função do incremento das pressões de trabalho (200 a 480 kPa) como se observa na Figura 5A.

Verificou-se que a ponta TT em todas as pressões estudadas (200 a 480 kPa) proporcionou o maior percentual de gotas suscetíveis à deriva, seguida pelas pontas TTJ e DLAD que obtiveram menor percentual de gotas $\leq 100\mu\text{m}$. Esse comportamento pode ser explicado pelo tamanho da gota formada (DMV) pelas pontas testadas (Tabela 4), gotas $\leq 100\mu\text{m}$ são facilmente arrastadas pelo vento e evaporam antes de atingir o alvo (Figura 5B).



Pressões	Teste F	Equações de regressão	R ²
200 a 480 kPa	11,94**	$y = -0,9485151 + 0,06527624x - 0,00003691x^2$	0,9986

** Significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.



Pontas	Teste F	Equações de regressão	R ²
TT	4,13*	$y = -1,2673031 + 0,07617155x - 0,00003762x^2$	0,9965
TTJ	4,76*	$y = -0,2383035 + 0,06359969x - 0,00004035x^2$	0,9972
DLAD	565,49**	$y = 2,20320918 + 0,03377628x$	0,9922

** e * Significativo pelo teste F, a 1% e 5 % respectivamente de probabilidade.

Figura 5. Análise de regressão para porcentagem de gotas $\leq 100\mu\text{m}$. A- Efeitos de pressões; B- Efeitos de pressões dentro de pontas. Jaboticabal, SP, 2011.

Comparando os dados obtidos para as pontas testadas foi possível observar uma relação inversamente proporcional entre o diâmetro mediano volumétrico e a porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor ou igual que 100 μm . COSTA (2006) e IOST (2008) verificaram a mesma relação entre esses dois fatores e ainda relacionaram estes fatores à porcentagem de deriva, concluindo que quanto maior o (DMV), menores foram as porcentagens de volume de gotas menores que 100 μm .

3.4. Desdobramento da interação entre pressões x adjuvantes e pressões x pontas de pulverização sobre o coeficiente de uniformidade (COEF).

Na Figura 6 observa-se a análise de regressão para o coeficiente de uniformidade em função dos fatores pressões, adjuvantes e pontas. O coeficiente de uniformidade decresce em função do incremento da pressão (200 a 480 kPa) atingindo o menor valor na pressão 480 kPa (Figura 6A). Verifica-se na Figura 6B, que a água e a calda contendo o adjuvante Agral obtiveram os maiores valores do coeficiente de uniformidade com a pressão de 200 kPa, decrescendo em função do incremento das pressões de trabalho. O mesmo ocorreu nas caldas com os adjuvantes Veget Oil, Agridex, TA35 e MSO, evidenciando uma maior variação no espectro de gotas produzidas. Esse fato foi confirmado pelo maior valor do COEF quando comparado ao adjuvante LI700, o qual teve os menores valores em relação a todos os adjuvantes avaliados já na pressão de 200 kPa, decrescendo em função do incremento da pressão, em relação aos mencionados anteriormente.

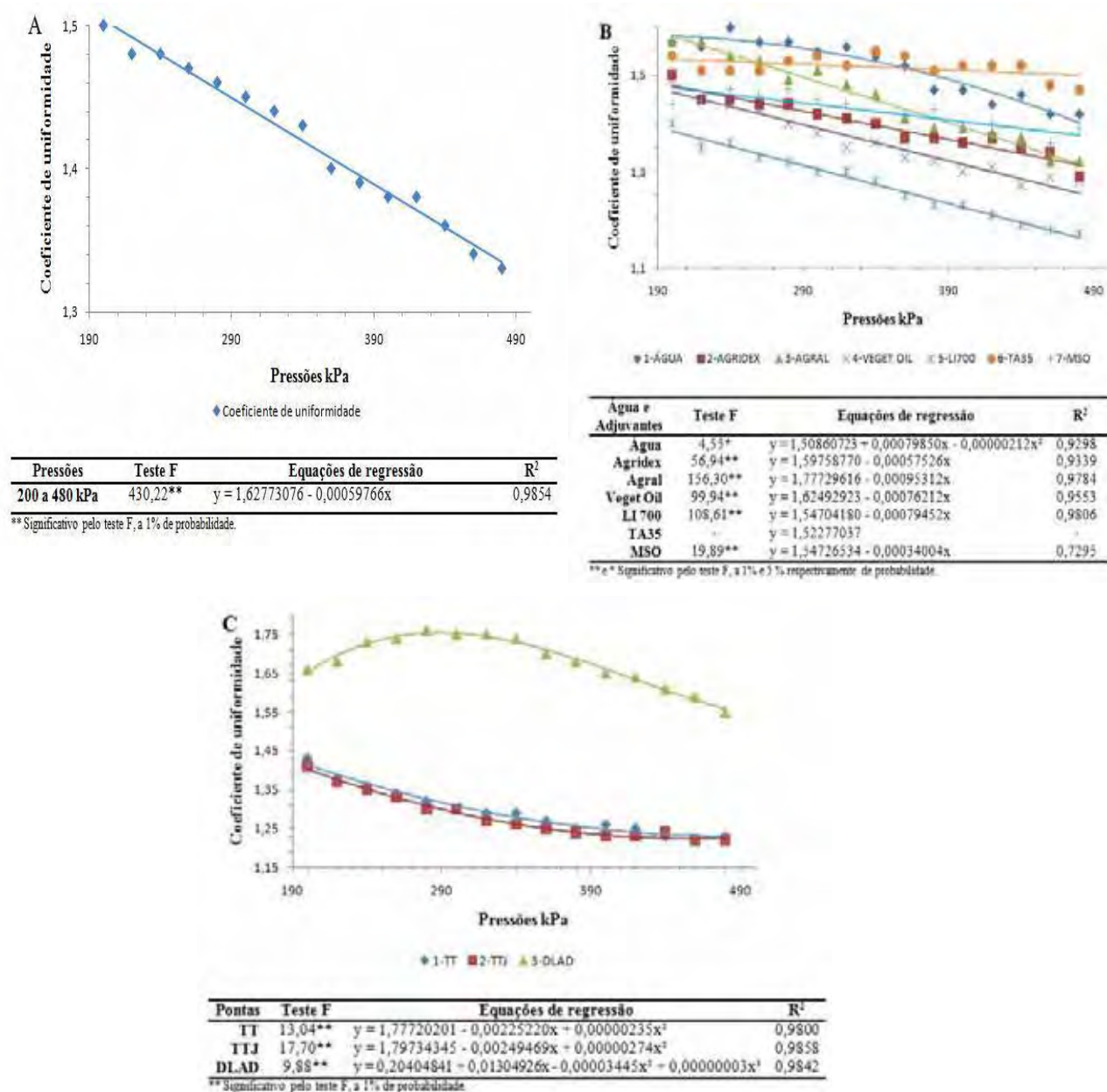


Figura 6. Análise de regressão para coeficiente de uniformidade. A- Efeitos de pressões; B- Efeitos de pressões dentro de adjuvantes; C- Efeitos de pressões dentro de pontas. Jaboticabal, SP, 2011.

Verificaram-se para as pontas TT e TTJ, os menores valores do coeficiente de uniformidade, sendo que na faixa de pressões 360 a 480 kPa ocorreu maior similaridade entre elas e menor variação entre os valores observados Figura 6C. Essas pontas proporcionaram gotas mais uniformes em relação à ponta DLAD, que obteve os maiores valores de coeficiente de uniformidade em todas as pressões estudadas. Houve a formação de gotas com maior coeficiente de uniformidade na faixa de pressão de 200 a 280 kPa. Gotas com menor coeficiente de uniformidade foram observadas a partir de 300 kPa, caracterizando maior uniformidade de gotas. As pontas tradicionais, que operam com pressão hidráulica, a formação de gotas é bastante desuniforme, dificultando, muitas vezes, boa cobertura do alvo (CUNHA et al., 2007). Com isso o diâmetro de gotas deve ser produzido com boa uniformidade para minimizar a presença de gotas muito pequenas ou de gotas excessivamente grandes (DI OLIVEIRA, 2008).

4. CONCLUSÕES

Os adjuvantes LI 700, Agridex e Veget Oil destacaram-se como mais adequados, com maior uniformidade no espectro de gotas e menor percentual de volume em gotas menores que 100 μm ;

Quanto às pontas de pulverização, os modelos defletores oferecem as melhores características, sobretudo quanto à uniformidade de espectro, em toda a faixa de pressão avaliada;

Nas maiores pressões há uniformização dos parâmetros DMV, coeficiente de uniformidade e porcentagem volume em gotas menores que 100 μm , podendo indicar novos estudos na faixa de trabalho para os pulverizadores que utilizam energia hidráulica para a produção de gotas, uma vez que variações entre 360 e 480 kPa resultaram em menores alterações nos parâmetros avaliados.

5. REFERÊNCIAS

- BUTLER ELLIS, M.C.; MILLER, P.C.H.; TUCK, C.R. The effect of some adjuvants on spray produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, v.16, p.41-60, 1997.
- CAMARA, F. T da; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. da C.; Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas hidráulicas de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.28, n.4, p.740-749, 2008.
- COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura de 2,4 D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 94 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2006.
- CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L. da; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.28, n.2, p.283-291, 2008.
- 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 SP, v.27, n.esp., p.10-15, jan. 2007
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.325-32, 2003.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H.C.; COURRY, J. R. Espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.10, p.977-85, 2004.
- DI OLIVEIRA, J. R. G.; **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda**. Dissertação de (Mestrado). 2008. 76p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008.

FERREIRA, M. C. Importância das Gotas de Pulverização. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, **Aula da Disciplina de Tratamento Fitossanitário**, Jaboticabal, SP, 2008. (Mimeografado).

FERREIRA, M. da C. **Métodos de amostragem do padrão do jato aspergido: arraste e distribuição de gotas em função da adição de adjuvantes à calda e à pressão de trabalho com diferentes pontas de pulverização de energia hidráulica**. Tese (Livre Docência). 2010. 75p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2010.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 63f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) - UNESP, Botucatu, SP, 2008.

KGF, Tecnologia e fabricação. Produtos pontas de pulverização de jato plano. Disponível em: < <http://www.bicoskgf.com.br/produtos.htm#LEQUE>>. Acesso em 07 de abril de 2011.

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

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

TEEJET, Technologies – produtos de pulverização agrícolas. Disponível em: <<http://www.teejet.com/portuguese/home/products/spray-products.aspx>> Acesso em 07de abril de 2011.

THEBALDI, M. S.; REIS, E. F. DOS; GRATÃO, P. T. S.; SANTANA, M S. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Havana, Cuba, v. 18, n. 2, 2009.

CAPITULO 3 - CINÉTICA DA TENSÃO SUPERFICIAL E ÂNGULO DE CONTATO DE CALDAS COM ADIÇÃO DE ADJUVANTES SOBRE FOLHAS DE SOJA

RESUMO - Objetivou-se avaliar a cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de caldas aquosa com diferentes grupos químicos de adjuvantes comerciais (Agral, Agridex, Veget Oil, LI 700, TA 35 e MSO) e água sobre a superfície foliar de plantas de soja. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Físico-Química de Superfícies do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras FFCL/USP, Câmpus de Ribeirão Preto, SP, no mês de março de 2010. As caldas com os adjuvantes foram preparadas de acordo com a recomendação do fabricante, posteriormente fragmentos de folhas de soja com 1 cm^2 foram cortados e fixados em laminas e levadas para um tensiômetro automático, modelo OCA-20, da Dataphysics Germany onde através da análise de imagem e utilização de software obteve-se a cinética da tensão superficial e do ângulo de contato formado entre as caldas e a superfície da folha de soja. Os resultados foram comparados e avaliados graficamente utilizando-se o programa computacional Origen Lab. Todos os adjuvantes testados molharam a superfície da folha de soja o que foi evidenciado pelos ângulos de contato inferiores a 90° , o adjuvante Agridex proporcionou a maior tensão superficial dentre os adjuvantes testados o que resultou em maior ângulo de contato com a folha de soja, já as caldas contendo os adjuvantes LI 700 e TA 35 proporcionaram respectivamente as menores tensões superficiais e os menores ângulos de contato com a folha.

Palavras - chaves: tecnologia de aplicação, surfatantes, superfície foliar.

KINETICS OF SURFACE TENSION AND CONTACT ANGLE OF SPRAYING LIQUID WITH ADDITION OF ADJUVANT ON SOYBEAN LEAVES

ABSTRACT - The objective was to evaluate the kinetics of surface tension and contact angle of tails with different chemical groups of commercial adjuvants (Agral, Agridex, Veget Oil, LI 700, TA 35 and MSO) and water on the leaf surface of plants soybeans. The experiments were performed at Laboratório de Físico-Química de Superfícies do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras FFCL/USP, Câmpus de Ribeirão Preto, SP, in March 2010. The spray with adjuvants were prepared according to manufacturer's specifications, then fragments of soybean leaves with 1 cm² were cut and placed on slides and taken to an automatic tensiometer, model OCA-20, where the Dataphysics Germany by analyzing image and using software obtained the kinetics of surface tension and contact angle formed between the spraying liquid and the surface of soybean leaves. The results were compared and evaluated graphically using the software Origen Lab. All adjuvants tested wet the surface of soybean leaves which was evidenced by contact angles of less than 90⁰, the adjuvant Agridex yielded the highest surface tension among the adjuvants tested which resulted in higher contact angle with the soybean leaves, as the spraying liquid containing adjuvants LI 700 and TA 35 respectively provided the lowest surface tensions and the smaller contact angles with foil.

Key - words: application technology, surfactants, leaf surface.

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas que apresenta maior crescimento em área plantada no segmento agroindustrial brasileiro. Sua expansão e o estabelecimento de fronteiras agrícolas somente foi possível devido ao desenvolvimento de cultivares com alta produtividade, ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas e resistentes a pragas e doenças (EMBRAPA, 2006). Entretanto, devido a ampla extensão de áreas contínuas ocupadas com a cultura, que lhe conferiu a situação de monocultivo, houve o desenvolvimento de uma série de problemas fitossanitários que demandaram ações de controle, dentre os quais predomina o método químico normalmente fazendo-se o uso de pulverizações.

Nesta modalidade há a fragmentação do líquido aplicado, normalmente uma calda formada pela formulação do produto comercial adicionada à água, o que torna as partículas formadas (as gotas) suscetíveis à deriva e à evaporação.

A adição de adjuvantes à calda de pulverização pode alterar as características físico-químicas das soluções aquosas mostrando-se dependente de sua composição química e formulação (CUNHA & ALVES, 2009); aumentar ou diminuir o diâmetro mediano volumétrico (THEBALDI et al., 2009), quebrar a tensão superficial da água (IOST, 2008) e reduzir a porcentagem de gotas menores que 100 μm que são as mais facilmente arrastadas pelo vento (CUNHA et al., 2003) constituindo assim, uma estratégia para a redução da deriva (THEBALDI et al., 2009) o que auxilia a correta colocação do produto fitossanitário no alvo.

A água é o veículo mais utilizado para a aplicação de produtos fitossanitários. No entanto, devido à elevada tensão superficial apresenta baixa capacidade de retenção quando aplicada sobre alvos com superfícies cerosas e hidrófobas, como a cutícula das plantas. A tensão superficial é variável de líquido à líquido e depende também dos solutos. No caso da água pura, a tensão tende a formar gotas esféricas. Pressões externas, como a gravidade, causam deformações; forças diversas causam rupturas com reagrupamento em gotículas menores (KISSMANN, 1997; IOST, 2008). 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 (IOST, 2008).

A tensão superficial está relacionada entre as propriedades dos adjuvantes que influenciam na atividade biológica dos produtos fitossanitários (GREEN & HAZEN, 1998). Os efeitos molhante, espalhante e penetrante são obtidos com a redução desta propriedade, sendo os surfatantes os adjuvantes que possuem a característica de modificar a tensão superficial da água (KISSMANN, 1997).

Segundo KISSMANN (1997), durante o processo de pulverização, as gotas que são depositadas nas superfícies vegetais formam um ângulo de contato entre a gota e a superfície da planta. O grau de angulação formado por esta gota irá depender de alguns fatores como a solução aplicada, além das características da superfície pulverizada. A água que é considerada o solvente universal e largamente utilizado nas aplicações de líquidos ao entrar em contato com superfícies cerosas o contato será menor, e o ângulo de contato será maior; se a superfície for mais hidrófila a água da gota se espalhará podendo até formar um filme uniforme. Numa planta a molhabilidade de suas folhas depende dos constituintes de sua epiderme, a atração pela água precisa ser maior que a tensão superficial desse líquido para uma boa molhabilidade.

É possível medir o ângulo formado entre a parte externa da gota e a superfície de contato e com isto caracterizar a superfície. O ângulo de contato de uma gota de água numa folha, no vidro, no azulejo, etc. são todos diferentes. O ângulo de contato influencia a distribuição da água ou da solução numa superfície, determinando assim, o molhamento da mesma. Quando este ângulo é igual a 0° trata-se de um caso extremo de máxima afinidade química entre a superfície e o líquido e, portanto, haverá espalhamento completo do líquido na superfície. Quando é igual ou muito próximo a 180° é o outro caso extremo, onde líquido não apresenta qualquer interação com a superfície. Quando o ângulo de contato é menor que 90° podemos considerar que a superfície é molhada pelo líquido (MOITA NETO, 2006; IOST, 2008).

A utilização de diferentes grupos químicos de adjuvantes nas caldas de pulverização pode favorecer a quebra da tensão superficial da água e aumentar a afinidade entre a calda de aplicação e a superfície foliar das plantas de soja.

O presente trabalho teve como objetivos avaliar a cinética da tensão superficial e o ângulo de contato formado entre caldas contendo diferentes grupos químicos de adjuvantes e folhas de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações da cinética da tensão superficial e do ângulo de contato nas superfícies de folhas de soja foram realizadas no Laboratório de Físico-Química de Superfícies do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras FFCL/USP, Câmpus de Ribeirão Preto, SP, no dia 09/03/2010.

As folhas utilizadas nas avaliações foram retiradas do campo experimental de soja da cultivar BRS Valiosa RR e colocadas para secar em papel absorvente. Em seguida foram cortados em pedaços de 1cm^2 (Figura 1A) e para que ficassem sem rugosidade e não comprometessem as avaliações, as folhas foram presas em lâminas de vidro com o auxílio de fita dupla face.

Para as avaliações foram preparadas caldas com água destilada contendo os adjuvantes estudados, nas dosagens recomendadas para cada produto, seguindo a recomendação dos fabricantes (Tabela 1). A água destilada foi a testemunha.

Tabela 1. Características dos produtos: marca comercial, ingrediente ativo, grupo químico e dosagem, Jaboticabal, SP, 2011.

Ingrediente ativo	Marca comercial	Grupo químico	Dosagem ml/100L de água
Fosfatidilcoline e Ácido propiônico	LI 700	Fosfatidilcoline e Ácido propiônico	500
Noni Poli (Etilenoxi) Etanol	Agral	Alquil Fenóis Etoxilado	30
Lauril Éter Sulfato de Sódio	TA35	Lauril Éter Sulfato de Sódio	50
Óleo vegetal	Veget Oil	Ésteres de ácidos graxos	500
Óleo mineral	Agridex	Hidrocarbonetos alifáticos	200
Ester metílico + álcool etoxilado	MSO	Ester metílico de origem vegetal	200
Água destilada	-	-	

As avaliações da cinética de tensão superficial e do ângulo de contato foram realizadas em um tensiômetro automático, modelo OCA-20, da Dataphysics Germany (Figura 1B) onde a cinética da tensão superficial foi determinada pelo método da gota pendente. A imagem da gota de calda (Figura 1C), formada em uma seringa até o termostato óptico, onde a imagem foi capturada usando uma câmera CCD, posteriormente o equipamento analisou a forma da gota por assimetria de eixos.

Para evitar a evaporação da gota foi utilizada uma cubeta de vidro óptico contendo água no fundo. Posteriormente com auxílio de um software específico que usa uma linha de referência no campo de imagem para identificar o ponto chave para a captura das imagens, o que acontece antes da formação completa da gota, logo após da saída da agulha da seringa, a tensão superficial foi determinada através da digitalização da imagem e análise do perfil da gota. Foram aferidas as tensões superficiais durante todo o tempo, até alcançar um valor constante.

Nas análises da cinética do ângulo de contato foi utilizado o mesmo equipamento que obtém os valores da tensão superficial utilizando a análise da imagem. Para isso, o equipamento calculou os ângulos dos dois lados da gota formada obtendo o diâmetro médio durante o tempo de avaliação. Foram considerados todos os ângulos de contato formados durante o tempo de observação (Figura 1D). Como padrão de comparação, foi calculado também o ângulo formado pela água destilada.

A cinética das tensões superficiais e dos ângulos de contato obtidos nas superfícies das folhas de soja nas diferentes caldas com adjuvantes foram comparados e avaliados graficamente utilizando-se o programa computacional Origen Lab .

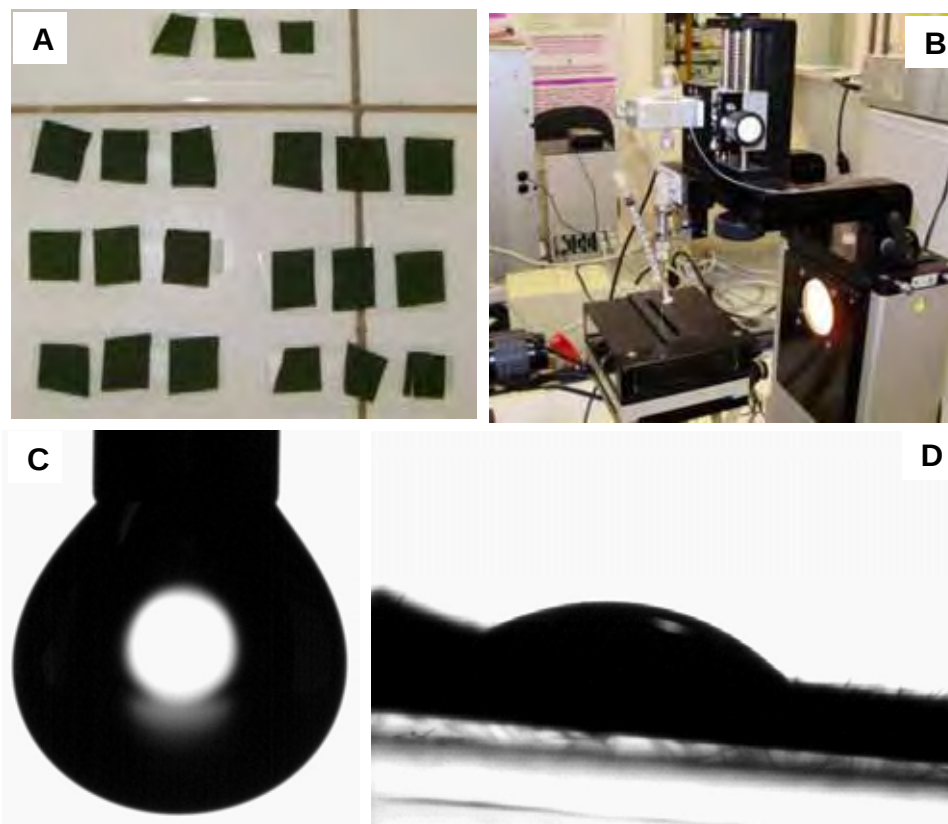


Figura 1. (A) - Fragmentos de folha de soja e equipamentos utilizados na avaliação da tensão superficial de caldas com adjuvantes; (B) - Tensiômetro automático, modelo OCA-20, da Dataphysics Germany ; (C) - gota de calda com adjuvante para análise da cinética da tensão superficial; (D) - gota de calda com adjuvante para análise da cinética do ângulo de contato na superfície de folha de soja, Jaboticabal, SP, 2011.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se redução da tensão superficial em todas as caldas em relação a água (74 mNm^{-1}) a $23\text{-}25^{\circ}\text{C}$. Aos 120 segundos todas as caldas estavam com valores de tensão superficial constantes, com exceção da calda com o adjuvante LI 700 que estabilizou aos 400 segundos após o início da avaliação atingindo o menor valor de

tensão superficial (30 mNm^{-1}). Na calda contendo o adjuvante Agridex observou-se o maior valor de tensão superficial (36 mNm^{-1}). A tensão superficial dos adjuvantes Agral, Veget Oil, TA 35 e MSO variaram entre $30\text{-}36 \text{ mNm}^{-1}$ obtendo valores intermediários entre os adjuvantes Agridex e LI 700 (Figura 2).

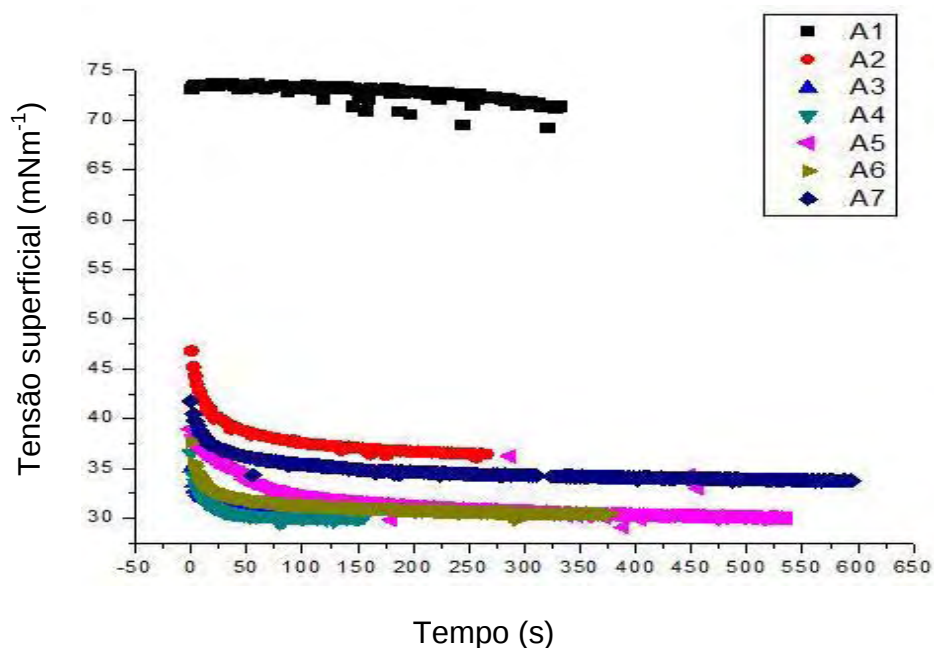


Figura 2. Cinética da tensão superficial das caldas com os adjuvantes. A1- Água; A2- Agridex; A3- Agral; A4- Veget Oil; A5- LI 700; A6- TA 35; A7- MSO, Jaboticabal, SP, 2011.

Os resultados observados no presente trabalho aproximaram-se dos observados por IOST (2008) que ao avaliar a tensão superficial de caldas com o adjuvante LI 700 verificou que com 100 e 200 % da dosagem recomendada pelo fabricante obteve respectivamente $32,90$ e $32,98 \text{ mNm}^{-1}$ de tensão superficial. Já CUNHA & ALVES (2009) ao avaliarem a tensão superficial de diferentes grupos químicos de adjuvantes na dosagem recomendada pelo fabricante e a metade da dosagem, utilizando-se do método proposto pela ABNT (1994) o qual baseia-se na contagem de gotas formadas em uma bureta de 10ml, observaram que não houve diferença entre o óleo vegetal e o LI 700 na dose cheia para ambos.

Na Figura 3 verificou-se redução no ângulo de contato em todas as caldas contendo os adjuvantes avaliados, em relação a água destilada que formou os maiores ângulos, $53,9^\circ$ a 0 s e $49,6^\circ$ a 250 s após o início do teste. Segundo MOITA NETO (2006) quando o ângulo de contato é menor que 90° podemos considerar que a superfície é molhada pelo líquido. Foi o que se observou no presente trabalho, isso ocorreu pela quebra da tensão superficial da água.

Observou-se maior estabilização dos ângulos entre as gotas e a superfície da folha de soja a partir dos 100s. A calda contendo o adjuvante Agridex proporcionou os maiores ângulos de contato decrescendo durante o período de avaliação $24,1^\circ$ a $14,4^\circ$, as caldas contendo os adjuvantes LI 700 e TA 35 proporcionaram os menores ângulos de contato entre a calda e a superfície da folha de soja, esse comportamento assemelha-se aos demais adjuvantes decrescendo com o período avaliado (23° a $3,7^\circ$) e ($18,9^\circ$ a $3,8^\circ$) respectivamente, esses valores aproximaram-se de 0° o que segundo MOITA NETO, (2006) e IOST, (2008) indica uma grande afinidade entre as caldas e a superfície da folha.

O ângulo de contato formado depende não apenas da solução que está sendo aplicada, mas também das características da superfície, a exemplo de superfícies foliares que podem apresentar tricomas ou textura cerosa (KISSMANN, 1997). Já MOITA NETO (2006) afirma em seus estudos que o ângulo de contato formado pela água é um método de caracterizar se esta superfície é hidrofílica ou hidrofóbica. Segundo o mesmo autor gotas que formam ângulos maiores que 90° caracterizam-se como superfícies hidrofóbicas, o que não foi observado no presente trabalho.

Existe uma forte relação entre a tensão superficial e o ângulo de contato das gotas. Quanto maior a tensão superficial, menor é a molhabilidade da superfície e assim maior será o valor de ângulo de contato obtido (IOST, 2008). Os adjuvantes Agridex e LI 700 foram os que apresentaram os maiores, e os menores valores de tensão superficial respectivamente, caracterizando maior e menor ângulo de contato entre a folha e a superfície da folha (Figuras 2 e 3). O adjuvante LI 700 foi o que apresentou os menores valores de tensão superficial, e conseqüentemente foi o adjuvante que mais contribuiu para a redução do ângulo de contato com as folhas. Comportamento

parecido foi observado por IOST, (2008) ao avaliar diversos grupos químicos de adjuvantes, verificou redução na tensão superficial da calda contendo esse adjuvante.

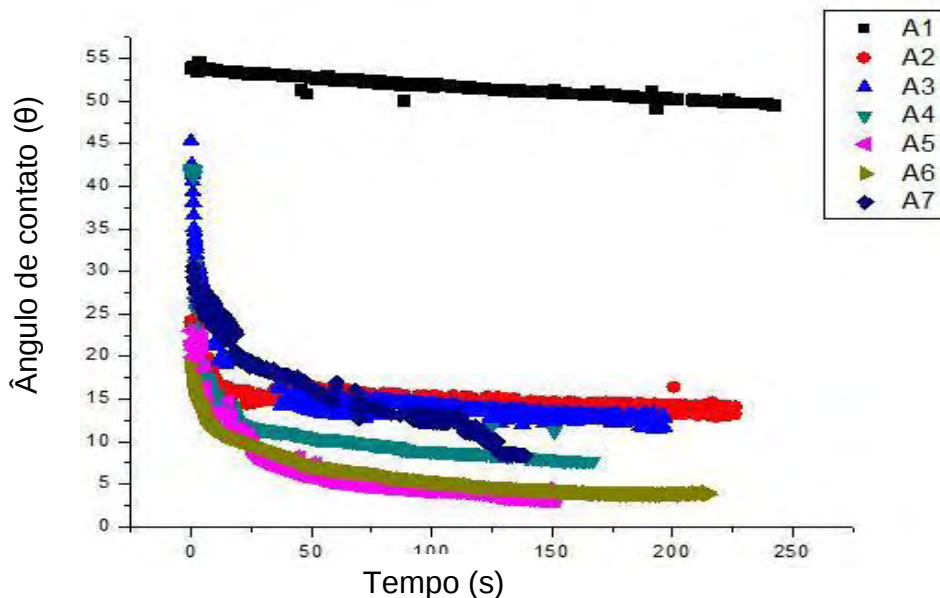


Figura 3. Cinética do ângulo de contato das caldas com os adjuvantes: A1- Água; A2- Agridex; A3- Agral; A4- Veget Oil; A5- LI 700; A6- TA 35; A7- MSO, em superfícies de folhas de soja, Jaboticabal, SP, 2011.

4. CONCLUSÕES

Os adjuvantes avaliados reduziram a tensão superficial da água diminuindo o ângulo de contato entre a calda e a superfície da folha de soja, isso promoveu o melhor molhamento da superfície da folha de soja;

As caldas contendo os adjuvantes LI 700 e TA 35 destacaram-se entre os demais, pois obteve os menores ângulos de contato entre a calda e a superfície da folha de soja, o que evidencia melhor molhamento; característica desejável em uma boa aplicação de produtos fitossanitários.

5. REFERÊNCIAS

- CUNHA, J. P. A. R. & ALVES, G. S.; Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciencia**. Caracas, Venezuela, v. 34, n. 9, p. 655-659, 2009.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.325-32, 2003.
- EMBRAPA, Tecnologias de produção de soja. Sistema de produção 11– região central do Brasil 2007. Londrina, PR: EMBRAPA SOJA, 2006, 225p.
- 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. **Proceedings**. Memphis: ISAA, 1998. p. 25-36.
- IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 63f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2008.
- KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu, MG. **Palestras...** Caxambu, MG: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997.p. 61- 77.
- MOITA NETO, J. M. **Molhamento e ângulo de contato**, março de 2006. In: IOST, C. A. R. Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas. 2008. 63f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2008.
- THEBALDI, M. S.; REIS, E. F. DOS; GRATÃO, P. T. S.; SANTANA, M. S. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Havana, Cuba, v. 18, n. 2, 2009.

CAPÍTULO 4 – EFEITOS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO PLANO, ADJUVANTES E VOLUMES DE APLICAÇÃO NA COBERTURA, DEPOSIÇÃO DE GOTAS E CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA SOJA.

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos de três adjuvantes comerciais (Nimbus, LI 700, Veget Oil) mais a mistura fungicida com os ingredientes ativos azoxistrobina + ciproconazol, aplicados com três modelos de pontas de pulverização de jato plano (TT, TTJ e DLAD 110 02) e dois volumes de aplicação, 150 e 200 L/ha, sobre a cobertura e deposição no controle da ferrugem Asiática da soja. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Tamanho de Partículas e na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, durante a safra 2009/2010. Utilizou-se a cultivar de soja BRS Valiosa RR (ciclo médio) e a colheita foi realizada 124 dias após a germinação. Foram avaliados: cobertura de calda através da quantificação da porcentagem de calda nos terços superior, médio e inferior da planta de soja; deposição do marcador sulfato de manganês, avaliação do número médio de vagens cheias, vazias, grãos, produtividade, massa de grãos, tamanho de grãos e severidade nos três terços da planta a partir dos primeiros sintomas da doença. Os dados obtidos foram submetidos ao teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Observou-se que as pontas DLAD e TTJ promoveram maior cobertura respectivamente nos terços superior e inferior; as caldas contendo o óleo vegetal no maior volume de aplicação proporcionaram maior deposição no terço inferior das plantas de soja; as plantas que foram pulverizadas com o maior volume de calda produziram o maior número de vagens e grãos, independente das pontas e adjuvantes; a severidade da ferrugem Asiática variou em função dos tratamentos, destacando-se que as aplicações com a ponta DLAD que proporcionou os valores menores de severidade; os tratamentos mostraram-se viáveis e necessários.

Palavras – chaves: tecnologia de aplicação, características agronômicas, surfatantes, *Phakopsora pachyrhizi*.

EFFECTS OF FLAT FAN SPRAYING TIPS, ADJUVANTS AND VOLUMES OF APPLICATION ON COVERAGE, AND DEPOSITION OF DROPLETS AND CONTROL OF ASIAN RUST ON SOYBEAN CROP

ABSTRACT - The objective was to evaluate the effects of three commercial adjuvant (Nimbus, LI 700, Veget Oil) plus fungicide with active ingredient azoxystrobin + cyproconazole applied with three models of spray nozzles jet plane (TT, TTJ and DLAD 110 02) and two spray volumes 150 and 200 L / ha, about the coverage and deposition in the control of Asian soybean rust. The experiments were performed at the Laboratório de Análise de Tamanho de Partículas e na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão, Câmpus UNESP, Jaboticabal, SP, during the 2009/2010 harvest. We used the cultivar BRS Valuable RR (medium cycle) the crop was harvested 124 days after germination. Were evaluated: spray coverage by quantifying the percentage of lime in the upper, middle and bottom of the soybean plant, deposition of manganese sulfate marker, assessing the average number of filled pods, empty, grain yield, grain yield, grain size and severity in all three thirds of the plant from the first symptoms of the disease. The data were subjected to the F test and means compared by Tukey test. It was observed that the tips DLAD and TTJ promoted greater coverage in the upper and lower respectively, syrups containing the vegetable oil in the largest volume applications provided greater deposition in the lower third of the soybean plants, the plants were sprayed with the highest volume spray produced the greatest number of pods and grains independent of tips and adjuvants, the rust severity varied according to treatment, emphasizing the applications with the tip DLAD who provided lower values of severity, the treatments proved feasible and necessary.

Key - words: application technology, agronomic characteristics, surfactants,
Phakopsora pachyrhizi.

1. INTRODUÇÃO

A ferrugem da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] causada por *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow foi relatada pela primeira vez no Brasil, no final da safra de 2000/2001, representando grande ameaça para todos os países do continente americano (GODOY & CANTERI, 2004).

Segundo SANTOS et al. (2007), a ferrugem Asiática tem seu controle baseado principalmente em fungicidas. Embora sejam eficientes, o controle da doença, muitas vezes, não tem sido satisfatório, e uma das razões se deve ao fato de o produto ser aplicado de forma inadequada (CUNHA et al., 2008). Para JULIATTI et al. (2005), o manejo correto da doença passa pelas estratégias de redução da dispersão de inóculo (vazio sanitário e parcelas armadilhas - sentinelas), uso da resistência parcial, fungicidas de maior eficácia e tecnologia de aplicação adequada aos sistemas de produção, caso contrário o atual sistema de produção será insustentável.

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é diretamente responsável pela correta colocação dos produtos no alvo, cuidando da preservação do ambiente e da saúde do trabalhador, sem descuidar da técnica e da rentabilidade da produção (MATUO, 1990). Esta ciência busca constantemente aperfeiçoar e criar novos equipamentos, produtos e métodos de aplicação buscando melhorar a eficiência dos produtos fitossanitários sobre os organismos alvos, sejam patógenos, pragas ou plantas invasoras.

A necessidade de melhoria na eficiência das aplicações de produtos fitossanitários tem sido relatada por vários pesquisadores como FERNANDES et al. (2007), CUNHA et al. (2008) e CUNHA & ALVES (2009). Dessa forma, o estudo e desenvolvimento de novas tecnologias de aplicação tornam-se indispensáveis para a obtenção de melhores índices de eficiência de controle, que estão diretamente relacionados com a qualidade da aplicação (BAUER & RAETANO, 2000).

Dentre o estudo e desenvolvimento de novas tecnologias o uso de adjuvantes, pontas de pulverização e volume de calda são fatores de extrema importância para a aplicação de produtos fitossanitários. Tais fatores podem interferir diretamente na

cobertura e deposição da calda, além da eficácia de controle das doenças na cultura da soja e em outras culturas.

Várias pesquisas que avaliam os efeitos de adjuvantes sobre as propriedades físico-químicas de soluções aquosas têm sido realizadas. Essas demonstram que o grupo químico e a dose dos adjuvantes interferem nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização (IOST, 2008; QUEIROZ et al., 2008), além de aumentar a superfície de contato (PALLADINI & SOUZA, 2005), aumentar a aderência e a área de superfície das plantas cobertas pelas gotas (OZEKI, 2006), proporcionar maior deposição (DI OLIVEIRA, 2008) e diminuir a deriva (THEBALDI et al., 2009)

Outro requisito para se obter maior e melhor deposição do ingrediente ativo sobre os alvos é a seleção correta dos bicos de pulverização, os quais são constituídos por um conjunto de peças instalados no final do circuito hidráulico, por meio do qual a calda é fragmentada em gotas. Das peças constituintes do bico, a ponta de pulverização é a mais importante delas, por ser a responsável direta pela formação e pela distribuição das gotas (CHRISTOFOLETTI, 1999; MATUO, 1990). Para a aplicação de fungicidas na cultura da soja, são muito utilizadas pontas que produzem gotas finas (CUNHA et al., 2008).

Tão importante quanto os adjuvantes e as pontas de pulverização é o volume de calda aplicado. Prática comum era se aplicar volumes superiores a 200L/ ha⁻¹. Entretanto, existe tendência a se reduzir o volume de calda, visando a diminuir os custos de aplicação e aumentar a capacidade operacional, sem comprometer a eficiência do tratamento realizado para controle da doença (CUNHA et al., 2006; SCHMIDT, 2006). Pulverizações com pontas e volumes de calda inadequados, são grandes causadores de perdas de produtividade da cultura da soja (EMBRAPA, 2006).

O uso de adjuvantes na calda de pulverização associados a menores volumes de calda e aplicada com pontas adequadas pode favorecer o controle da ferrugem Asiática da soja, reduzindo a severidade da doença, em consequência aumentar o rendimento.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar a cobertura e deposição de caldas pulverizadas em plantas de soja utilizando três modelos de pontas hidráulicas de jato plano com a adição de três diferentes adjuvantes comerciais em dois

volumes de calda e observar os efeitos dessas pulverizações sobre a porcentagem de severidade da ferrugem Asiática e produtividade da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e condução do experimento

A etapa de campo do presente trabalho foi conduzida na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. Foi realizada a semeadura direta da cultivar de soja BRS Valiosa RR (ciclo médio), no início do período chuvoso no dia 03/12/09, ocorrendo a germinação no dia 07/12/09, utilizou-se o espaçamento entre fileiras de 0,45 m, com estande médio final de 15 plantas/m.

O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial $(3 \times 3 \times 2) + 1$: Três condições (fungicida + Nimbus, fungicida + Veget Oil, fungicida + LI 700) três pontas de pulverização (TT, TTJ e DLAD 110 02) dois volumes de aplicação (150 e 200 L/ha) e um tratamento adicional que não recebeu tratamento (testemunha).

Cada parcela experimental foi constituída de 7 linhas de soja por 6m de comprimento, o suficiente para a cobertura da barra de pulverização e a realização das aplicações, totalizando uma área de $18,9 \text{ m}^2$. Foram realizadas duas aplicações de inseticida, seguindo as recomendações de manejo para o controle de pragas.

Utilizou-se um fungicida, de ação sistêmica com ingrediente ativo azoxistrobina + ciproconazol, nome comercial Priori Xtra (formulação suspensão concentrada), na dosagem recomendada pelo fabricante 300 mL/100-200L/ha, e adição do óleo mineral Nimbus, com grupo químico semelhante ao adjuvante Agridex utilizado nas avaliações de espectro de gotas.

Optou-se pelo fungicida com os ingredientes ativos azoxistrobina + ciproconazol, nome comercial Priori Xtra, pois esse é utilizado no controle de doenças fúngicas de diversas culturas como soja (GODOY et al., 2009), algodão (SILVA et al., 2006; SILVA

et al., 2009) além de ser um produto acessível ao produtor é amplamente utilizado na agricultura brasileira.

Para as avaliações foram realizadas duas aplicações dos fungicidas e adjuvantes com as pontas e volumes testados. A primeira aplicação foi realizada com o aparecimento dos primeiros sintomas da ferrugem no campo o que ocorreu no estágio reprodutivo R_2 - flor aberta em um dos últimos nós da haste principal com a folha completamente desenvolvida com o dossel da cultura proporcionando 100% de cobertura da área. A segunda aplicação ocorreu no estágio reprodutivo R_5 - início da formação da sementes, grãos com 3 mm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida (FEHR & CAVINESS, 1977).

As aplicações foram realizadas utilizando-se um pulverizador costal de pressão constante (CO_2) com pressão regulada de 200 kPa, suficiente para o caminhamento entre as folhas e obtenção do volume desejado. O pulverizador equipado com uma barra com disposição simultânea de seis pontas espaçadas de 0,5 m entre si (Figura1).



Figura 1. Aplicação dos tratamentos com barra e pulverizador costal pressurizado na cultura da soja, Jaboticabal, SP, 2011.

A variação do volume de aplicação foi realizada alterando-se a velocidade de caminamento do operador sendo 4,0 e 6,0 km/h, respectivamente para 200 e 150 L/ha, visando a não alterar o espectro de gotas para um mesmo jogo de pontas. A altura de aplicação em relação à cultura foi de 0,5 m. Durante as aplicações dos fungicidas e adjuvantes, as condições ambientais de temperatura (T), umidade relativa do ar (UA) e velocidade do vento (VV) foram monitorados: T= 28 - 35 C; UA = 62 – 80 %; VV = 0 -35,9 km/h.

2.2. Avaliação da cobertura em papéis hidrossensíveis

Para a verificação da cobertura proporcionada pelas gotas pulverizadas, foram utilizados papéis hidrossensíveis, colocados em uma planta selecionada ao acaso no centro de cada parcela, e posicionado em três alturas da planta, representando os terços superior, médio e inferior. Os papéis foram presos às folhas de soja na superfície adaxial utilizando-se grampos metálicos, sendo retirados imediatamente após a secagem da calda pulverizada e colocados em placas de Petri, pois absorvem umidade rapidamente, prejudicando a análise das gotas depositadas.

Assim que foram retirados, levou-se para o laboratório para serem digitalizados em um escâner de mesa com resolução de 300 dpi. Após a digitalização dos papéis as imagens foram processadas pelo programa computacional QUANT v.1.0.0.22 (FERNANDES FILHO, 2002). Este software fornece a informação da porcentagem de área coberta pelo contraste de cores entre a área intocada do papel e a mancha proporcionada pela gota depositada nele.

2.3. Avaliação da deposição de calda

Para verificação da deposição sobre as folhas de soja, o marcador sulfato de manganês foi adicionado às caldas de pulverização na concentração de 6g/L.

Após cada aplicação, foram coletadas em cada parcela um folíolo de cada altura da planta representando os terços superior, médio e inferior. Estes foram identificados

no campo e levados para o laboratório onde foram colocados em sacos plásticos (Figura 2A) contendo 100 mL de solução 0,2N de HCl e mantidos por 2 horas em repouso para extração do sulfato de manganês na superfície da folha (MACHADO-NETO & MATUO, 1989).

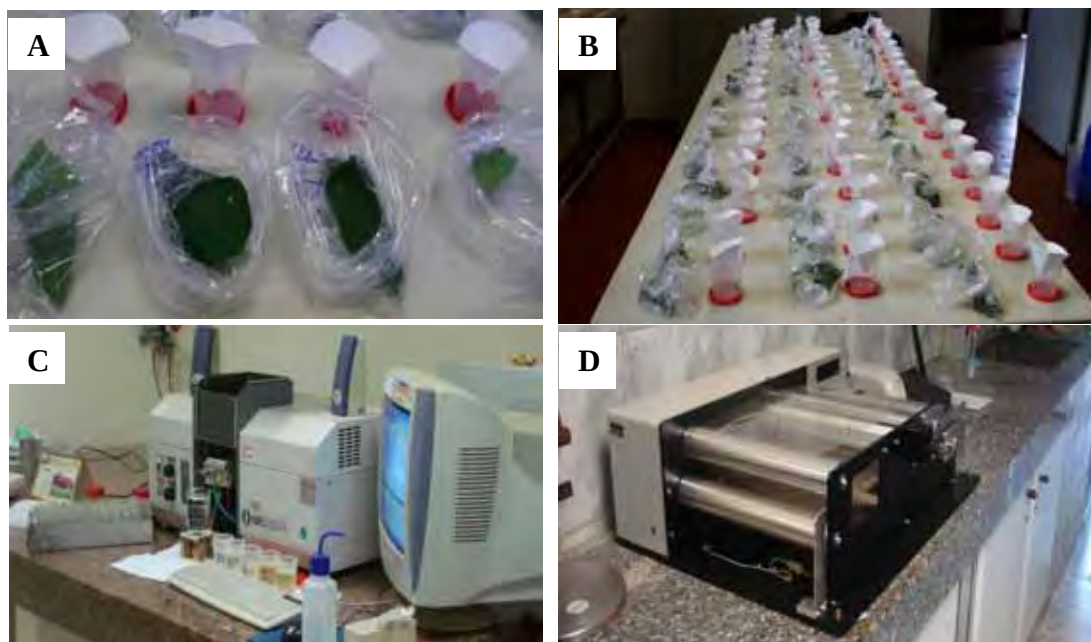


Figura 2. Folhas de soja em sacos plásticos colhidas no campo dos terços superior, médio e inferior-A; folhas de soja dos terços superior, médio e inferior em repouso em HCl para extração do sulfato de manganês-B; espectrofotômetro de absorção atômica utilizado para quantificar a deposição-C e aparelho de quantificação da área foliar utilizado para cálculo da área foliar dos terços superior, médio e inferior das folhas de soja-D, Jaboticabal, SP, 2011.

Posteriormente foram filtradas (Figura 2B) e levadas para o Laboratório Central da FCAV/UNESP para leitura do extrato obtido, utilizando o espectrofotômetro de absorção atômica (Figura 2C).

As folhas coletadas foram ainda lavadas e aferidas a área foliar através do medidor de área foliar de bancada LI-COR (Figura 2D). As concentrações de sulfato de

manganês obtidas das leituras do espectrofotômetro foram co-relacionadas às áreas foliares medidas, resultando na quantidade de calda expressa em microgramas por centímetro quadrado.

2.4. Avaliação da severidade da ferrugem da soja

A mistura fungicida azoxistrobina + ciproconazol, foi aplicada com diferentes adjuvantes, pontas e volumes de calda, já anteriormente especificados. As avaliações da severidade da ferrugem foram realizadas semanalmente, totalizando nove avaliações. A primeira avaliação da severidade foi feita aos 30 dias após a emergência (DAE), quando se constatarem os primeiros sintomas da doença. Nas avaliações, coletaram-se folíolos em dez plantas escolhidas ao acaso e em cada planta, foram coletados três folíolos, cada um localizado num terço da planta (superior, médio e inferior). As médias dessas avaliações constituíram a severidade média da doença. Para tal, foi utilizada a escala diagramática proposta por GODOY et al. (2006). A severidade pode ser mensurada pela porcentagem da área coberta pela doença.

Para a análise estatística dos efeitos das aplicações, optou-se pelos dados obtidos na última avaliação após a primeira aplicação o que aconteceu com a cultura em estágio reprodutivo R₅ - início da formação das sementes. E a última avaliação após a segunda aplicação dos tratamentos, com a cultura em estágio reprodutivo R₈ – maturação plena com 95% das vagens com coloração da vagem madura. O que correspondeu aos dados de severidade obtidos na quinta e nona semana de avaliação. As demais avaliações foram comparadas graficamente.

A avaliação da eficácia do fungicida no controle da ferrugem da soja, considerando os adjuvantes empregados, os dois volumes de aplicação e os três modelos de pontas foram realizados mediante a comparação da severidade da doença, NMV, NMVV, NMG, massa de 1000 grãos, produtividade e da classificação por tamanho de grãos entre parcelas tratadas e parcelas não-tratadas (testemunha).

2.5. Avaliação das características agrônômicas e produtividade

A avaliação quantitativa e qualitativa da soja colhida foi realizada aos 124 DAE, na ocasião da colheita que ocorreu no dia 12/04/10, sendo avaliado: número médio de vagens (NMV) – número médio de vagens contidas em cinco plantas de soja; número médio de vagens vazias (NMVV) - número médio de vagens vazias em cinco plantas de soja; número médio de grãos (NMG) – número médio de grãos contidos em cinco plantas de soja; produtividade – coletou-se manualmente três fileiras centrais de 4m de cada parcela, excluindo-se as fileiras laterais e de cabeceira de cada parcela totalizando uma área de 5,4m² (Figura 3A e 3B), acondicionou-se em sacos plásticos (Figura 3C), em seguida pesou-se em balança analítica (Figura 3D) e estimou-se para kg/ha, sendo a massa total dos grãos colhidos nas parcelas corrigidas para umidade de 13% (b.u.); massa de 1.000 grãos – mil grãos foram contados em cada parcela, utilizando-se de um contador de sementes (Figura 3E), posteriormente colocados em latas de alumínio, e levadas para a estufa de circulação de ar forçado onde permaneceram durante 24 horas (Figura 3F), procedendo-se à pesagem em seguida.

Realizou-se ainda a classificação dos grãos por tamanho, para isso utilizou-se de peneiras redondas de números: 12 (4,0 mm), 13 (4,5 mm), 14 (5,0 mm), 15 (5,5 mm), 16 (6,0 mm), 17 (6,5 mm), 18 (7,0 mm) e o fundo local que se deposita restos de vagens e grãos mal formados (Figura 3G e 3H). Os resultados expressos em gramas foram analisados graficamente em três grupos distintos compostos pelo somatório de: Fundo + peneira 12; peneiras 13 + 14 + 15; peneiras 16 + 17 + 18.

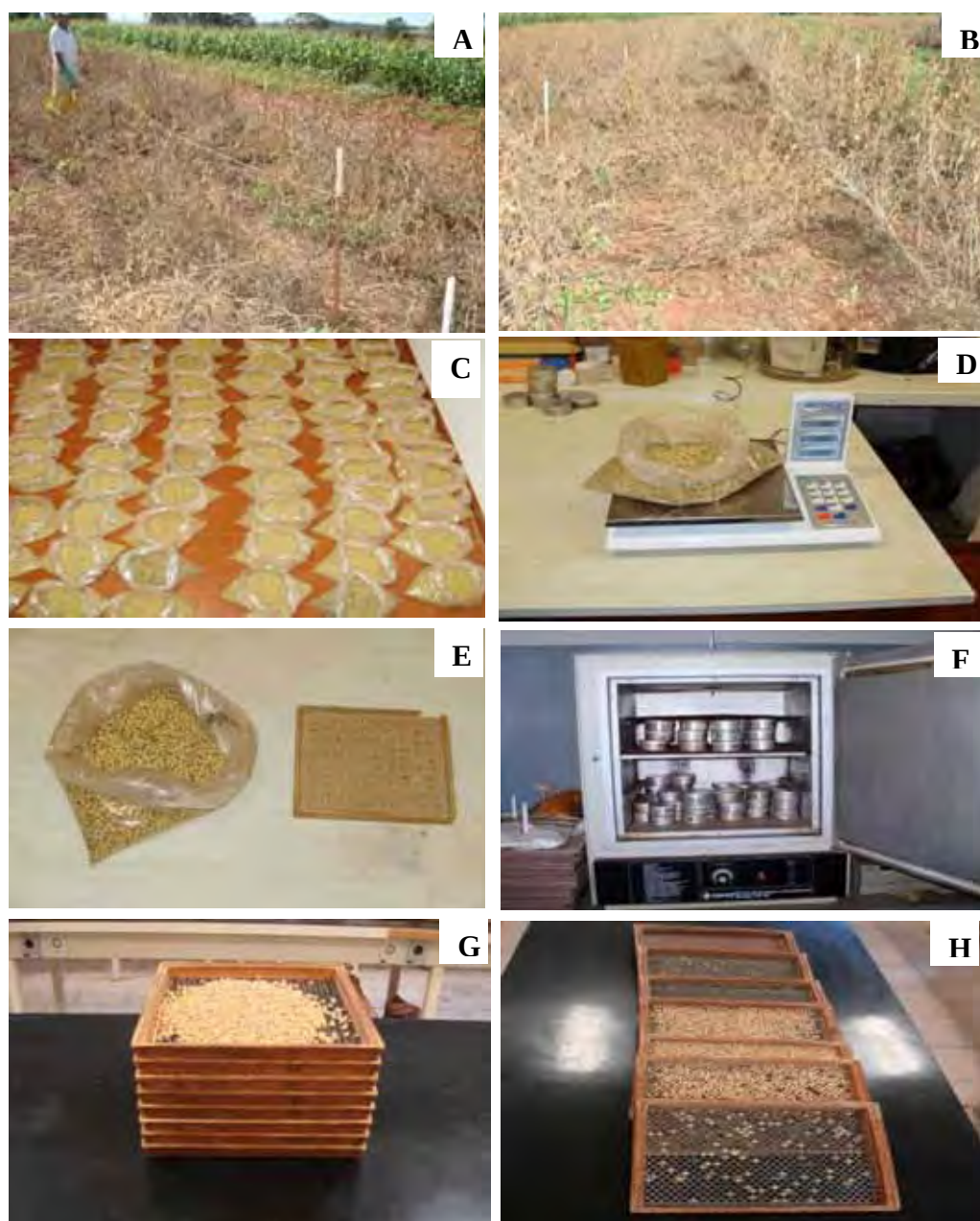


Figura 3. Marcação da parcela útil colhida-A; Parcela colhida-B; Grãos colhidos ensacados-C; pesagem dos grãos colhidos nas parcelas-D; Contagem de grãos-E; Secagem em estufa dos grãos-F; Classificação dos grãos por tamanho G e H. Jaboticabal, SP, 2011.

2.6. Análise dos dados

Para a análise estatística os dados de cobertura, deposição, severidade da ferrugem, NMV, NMVV, NMG, produtividade e massa de 1.000 grãos foram dispostos em esquema fatorial em blocos ao acaso ($3 \times 3 \times 2$) + 1 (Pontas x Adjuvantes x Volumes) + testemunha. Para efeito de análise e homogeneidade dos dados os valores obtidos nos parâmetros cobertura e severidade da ferrugem nos três terços da planta de soja foram transformados em arc seno ($\arcsin(\sqrt{x/100})$). Os valores obtidos nos parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas entre si e com a testemunha, utilizando-se do teste de Tukey, a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cobertura e deposição de gotas na cultura da soja

Pela Tabela 1, verifica-se que no terço superior houve efeito significativo na porcentagem de cobertura nas folhas de soja em função das diferentes pontas de pulverização, e que os volumes aplicados com as diferentes pontas influenciaram na cobertura no terço inferior das plantas de soja. Verificou-se que a maior cobertura ocorreu no terço superior das plantas. Para o controle da ferrugem, o objetivo é fazer com que as gotas ultrapassem a “barreira” superior, representada pelas folhas do terço superior e médio e se depositem nas camadas mais inferiores.

Desta forma, é comum se verificar maior porcentagem de cobertura nas regiões mais altas do dossel da cultura. DI OLIVEIRA (2008) e ROMÁN et al. (2009) utilizando papéis hidrossensíveis, para avaliarem a cobertura de caldas na cultura da soja, verificaram que o “efeito guarda-chuva” ocasionado pelas folhas do terço superior impedem a livre passagem das gotas, o que também foi verificado nesse trabalho (Figura 4). Este efeito promove reflexos na uniformidade das amostras o que resulta em elevação da variabilidade numérica da cobertura (Tabela 1). Observou-se ainda que os

diferentes adjuvantes e volumes de aplicação influenciaram a deposição da calda no terço superior das plantas de soja.

Tabela 1. Teste F para cobertura e deposição nos terços: superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) em plantas de soja, Jaboticabal, SP, 2011.

Fonte de variação	GL	Cobertura (%)			Deposição ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		
		TS	TM	TI	TS	TM	TI
Adjuvantes	2	0,50 ^{NS}	1,96 ^{NS}	0,20 ^{NS}	4,56*	2,89 ^{NS}	2,01 ^{NS}
Pontas	2	3,37*	0,31 ^{NS}	1,39 ^{NS}	1,19 ^{NS}	0,22 ^{NS}	1,43 ^{NS}
Volumes	1	2,31 ^{NS}	2,28 ^{NS}	0,01 ^{NS}	4,28*	3,11 ^{NS}	0,13 ^{NS}
Adjuvantes X Pontas	4	0,91 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,86 ^{NS}	0,95 ^{NS}	0,22 ^{NS}	2,16 ^{NS}
Adjuvantes X Volumes	2	0,91 ^{NS}	0,78 ^{NS}	1,05 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,09 ^{NS}	2,29 ^{NS}
Pontas X Volumes	2	0,91 ^{NS}	0,18 ^{NS}	4,65*	1,94 ^{NS}	1,90 ^{NS}	2,09 ^{NS}
Adjuvantes X Pontas X Volumes	4	0,62 ^{NS}	0,31 ^{NS}	2,19 ^{NS}	1,57 ^{NS}	0,68 ^{NS}	0,48 ^{NS}
C. V.		57,05	59,63	68,58	41,03	73,90	54,10

** e * Significativo pelo teste F, a 1% e 5 % respectivamente de probabilidade; **NS**- Não significativo; **GL**- grau de liberdade; **C. V.** – Coeficiente de variação.



Figura 4. Efeito “guarda-chuva” proporcionado pelas folhas localizadas acima do papel hidrossensível, Jaboticabal, SP, 2011.

Observa-se que a ponta DLAD cobriu 33,62 % do terço superior da planta de soja, não diferindo estatisticamente da ponta TTJ (31,18%) e diferindo - se da ponta TT que cobriu 21,90 % da área foliar nesse terço da planta (Tabela 2).

Na Tabela 2 observa-se que a calda aplicada com a ponta TTJ e com o incremento do volume de aplicação (200L/ha) proporcionou a maior cobertura no terço inferior das plantas de soja, diferenciando-se estatisticamente das pontas TT que cobriram 11,08 % das folhas nesse terço. Resultados semelhantes foram observados por DI OLIVEIRA (2008) que ao avaliar a ponta de energia hidráulica TT 110 01 com diferentes volumes de calda no controle da lagarta-falsa-medideira *Pseudoplusia includens* observou incremento da cobertura com o aumento do volume de calda aplicada.

Conforme apresentado no Cap. 2 deste trabalho ao avaliar o espectro de gotas das pontas TT, TTJ e DLAD 110 02 observou-se que a ponta TTJ apresentou a maior uniformidade do espectro de gotas em relação às pontas TT e DLAD.

Com isso proporcionou melhor cobertura do alvo e menor porcentagem de gotas sujeitas a deriva, o que favoreceu melhor distribuição de gotas de tamanho semelhante e uniforme sobre a área alvo. É esperado que, em geral, pontas que produzem gotas de tamanho mais uniforme promovam maior cobertura do alvo, mesmo quando são utilizados menores volumes de aplicação. Esse resultado concorda com os dados apresentados por ROMÁN (2010) e DI OLIVEIRA (2008). Os autores avaliaram a cobertura de folhas de soja com diferentes pontas de pulverização e concluíram que gotas finas propiciam melhores coberturas nas posições média e baixa das plantas. Já TEIXEIRA (1997) ressalta que para as aplicações de produtos fitossanitários obterem eficiência desejada requer cobertura adequada do alvo com tamanho de gotas apropriado.

Para os adjuvantes no terço superior Tabela 2 verifica-se que a calda contendo o fungicida mais o óleo vegetal proporcionou a maior deposição das gotas aspergidas diferindo estatisticamente da calda contendo o fungicida mais o adjuvante Nimbus. Isto pode ter ocorrido devido ao fato do adjuvante atuar na melhoria da uniformidade do diâmetro de gotas, assim sua adição promove um maior número de gotas efetivas

durante a aplicação. Resultados semelhantes foram encontrados por DI OLIVEIRA (2008) que ao estudar a adição de adjuvantes Silwett L77 à calda de pulverização na cultura da soja, aplicada com pontas rotativas constatou que o adjuvante proporcionou maior deposição no terço inferior da planta de soja.

Tabela 2. Teste estatístico de comparação de médias referentes a cobertura e deposição: cobertura proporcionada pelas pontas no terço superior da planta de soja e interação entre os fatores pontas e volumes no terço inferior da planta de soja; Deposição no terço superior proporcionada pelos adjuvantes e volumes de aplicação, Jaboticabal, SP, 2011.

Cobertura (%)*				
Fator pontas Terço Superior			Interação entre fatores pontas e volumes Terço Inferior	
Pontas			X	Volumes
			Pontas	150 L/ha 200 L/ha
DLAD	33,62	a	DLAD	21,36 Aa 13,94 Aab
TTJ	31,18	ab	TTJ	12,66 Ba 23,68 Aa
TT	21,90	b	TT	15,44 Aa 11,08 Ab
Dms	11,49		Dms	C=11,06; L=9,2
Deposição ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)				
Terço superior				
Adjuvantes			Volumes	
FUNG+ÓLEO VEGETAL	1,88	a	200 L/ha	1,83 a
FUNG+LI700	1,78	ab	150 L/ha	1,51 b
FUNG+NIMBUS	1,34	b		
Dms	0,45			0,31

* Valores transformados em $\text{Arc Seno}(\text{raiz}(X/100))$ **Dms**- Diferença mínima significativa. C=Coluna; L= Linha; Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras minúsculas comparam pontas, letras maiúsculas comparam volumes.

O maior volume aplicado proporcionou a maior deposição no terço superior da planta de soja diferindo-se estatisticamente do menor volume. Isso ocorreu provavelmente pela maior cobertura da superfície nesse terço (Tabela 2).

Segundo COURSHÉE (1967) a maior deposição está em função da concentração do produto e da distribuição das gotas no dossel da cultura. Entretanto

para a efetividade da deposição e penetração na aplicação de produtos fitossanitários a qualidade da cobertura do alvo está condicionada ao diâmetro de gotas, no qual as de menor diâmetro proporcionam maior penetração entre as folhas das culturas (SANTOS, 1992), o “efeito guarda-chuva” ocasionado pelas folhas do terço superior que impedem a livre passagem das gotas ajuda a explicar a maior deposição no terço superior das plantas, já que por conta desse efeito as distribuições da calda nos terços inferiores ficam comprometidas DI OLIVEIRA (2008) e ROMÁN et al. (2009).

É importante ressaltar que não existe um volume fixo de calda a ser usado, pois este pode variar em função de equipamentos, tamanho da cultura, alvo a ser atingido e condições climáticas. Nesse sentido o volume de pulverização a ser utilizado será sempre consequência da aplicação eficaz e nunca uma condição pré-estabelecida (MATUO, 1990).

A desuniformidade na cobertura e deposição das gotas observada no presente trabalho provavelmente se deve ao completo fechamento da cultura na ocasião da aplicação dos tratamentos (49 dias após a emergência) com a planta no estágio reprodutivo R2 – flor aberta em um dos últimos nós da haste principal com a folha completamente desenvolvida (FEHR & CAVINESS, 1977) e o acamamento das plantas observado no campo. Isto resultou em diferenças estatísticas não significativas, principalmente no terço inferior, mesmo para algumas diferenças numéricas observadas.

3.2. Avaliação da severidade da ferrugem Asiática

Pelas avaliações de severidade da ferrugem realizada nos terços superior, médio e inferior na quinta e nona avaliação, observa-se que na nona avaliação os adjuvantes influenciaram na severidade no terço superior da planta, enquanto que e as pontas de pulverização influenciaram na severidade da ferrugem, no terço médio da planta de soja (Tabela 3). Observa-se que os tratamentos influenciaram significativamente na severidade da ferrugem nos terços superior e médio em ambas as avaliações.

Tabela 3. Teste F para a severidade na quinta (5ª-A) e nona avaliação (9ª-A) nos terços superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) das plantas de soja, Jaboticabal, SP, 2011.

Fonte de variação	GL	Severidade (%) ¹				
		5ª – A			9ª – A	
		TS	TM	TI	TS	TM
Adjuvantes	2	1,15 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,50 ^{NS}	5,96**	0,85 ^{NS}
Pontas	2	0,40 ^{NS}	2,52 ^{NS}	0,71 ^{NS}	1,18 ^{NS}	4,04*
Volumes	1	1,01 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,36 ^{NS}	0,40 ^{NS}
Adjuvantes X Pontas	4	0,30 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,11 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,76 ^{NS}
Adjuvantes X Volumes	2	1,13 ^{NS}	3,11 ^{NS}	2,17 ^{NS}	1,81 ^{NS}	1,01 ^{NS}
Pontas X Volumes	2	0,27 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,51 ^{NS}	0,73 ^{NS}	0,41 ^{NS}
Adjuvantes X Pontas X Volumes	4	0,29 ^{NS}	0,94 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,64 ^{NS}	2,12 ^{NS}
Fatorial	17	0,55 ^{NS}	1,17 ^{NS}	0,61 ^{NS}	1,56 ^{NS}	1,44 ^{NS}
Test. X Fatorial	1	20,70**	6,48*	0,77 ^{NS}	125,66**	66,01**
C. V.		28,76	38,07	39,70	51,62	33,72

** e * Significativo pelo teste F, a 1% e 5 % respectivamente de probabilidade; NS- Não significativo; GL- graus de liberdade; Test. – Testemunha adicional; C. V. – Coeficiente de variação, Test. – Testemunha adicional; ¹Valores transformados para Arc Seno(raiz(x-9/100)). Obs: As poucas folhas do terço inferior na nona avaliação estavam completamente cobertas pela ferrugem apresentando a maior nota.

As plantas que receberam as pulverizações com o fungicida mais o adjuvante Nimbus obtiveram os maiores valores de severidade da ferrugem no terço superior da planta de soja na nona avaliação, diferindo-se estatisticamente das plantas que receberam as aplicações do fungicida com o óleo vegetal e o LI700 que se igualaram estatisticamente e obtiveram os menores valores de severidade (Tabela 4). Esse comportamento pode ser explicado pela maior deposição da calda no terço superior quando adicionado esses adjuvantes ao fungicida na calda de aplicação (Tabela 2). ALVES et al. (2009), ao avaliarem o efeito de adjuvantes e pontas de pulverização no controle químico da ferrugem Asiática na soja, verificaram que a adição de adjuvantes do grupo químico dos Fosfatidilcoline + ácido propiônico na calda de aplicação

influenciou significativamente na redução da severidade da ferrugem. Esse adjuvante proporcionou melhor distribuição da calda entre o terço superior e inferior na planta.

As plantas que receberam as aplicações com as pontas DLAD no terço médio obtiveram o menor valor de severidade da ferrugem não diferindo estatisticamente da ponta TT e diferindo-se da ponta TTJ. A ponta DLAD proporcionou cobertura média de 25% nos terço superior e médio como pode ser verificado na Tabela 2, esse resultado pode explicar o menor valor de severidade observado na nona avaliação no terço médio das plantas de soja (Tabela 4).

Tabela 4. Teste estatístico de comparação de médias para a severidade da ferrugem Asiática, referentes aos fatores adjuvantes, pontas e tratamentos x fatorial, na quinta (5ª-A) e nona avaliação (9ª-A) nos terços superior (TS) e terço médio (TM), Jaboticabal, SP, 2011.

Fonte de variação	Severidade (%) ¹			
	5ª – A		9ª – A	
	TS	TM	TS	TM
Adjuvantes				
FUNG+NIMBUS			18,62 a	
FUNG+VEGET OIL			11,66 b	
FUNG+LI700			11,05 b	
Dms			5,86	
Pontas				
TT				26,43ab
DLAD				20,50 b
TTJ				27,30a
Dms				6,26
Fatorial	4,64 b	6,63 b	13,78 b	24,74 b
Testemunha	7,88 a	10,03 a	62,37 a	62,37a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **Dms** - diferença mínima significativa; **Test.** – Testemunha adicional; ¹Valores transformados para Arc Seno($\sqrt{x-9/100}$). Obs: As poucas folhas do terço inferior na nona avaliação estavam completamente tomada pela ferrugem na maior nota.

Mesmo com a utilização dos adjuvantes, das diferentes pontas e dos volumes, o processo de pulverização não foi capaz de transpor a barreira imposta pelas folhas, o que permitiria uma quantidade de produto depositado no terço inferior similar aos terços

superiores. Resultado semelhantes foram encontrados por ALVES et al. (2009) ao avaliarem o efeito de adjuvantes e pontas de pulverização no controle químico da ferrugem Asiática na soja. Constatou-se que os tratamentos influenciam significativamente na redução da severidade quando comparados a testemunha nos dois terços superiores da planta (Tabela 4), resultados que assemelham aos obtidos por CUNHA et al. (2008) que ao avaliarem o efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja, observaram que o tratamento químico com fungicida foi viável e necessário, independentemente do tipo de ponta ou do volume de calda.

3.3. Avaliações semanais da severidade da ferrugem Asiática da soja

Observa-se nas Figuras 6, 7, 8 o acompanhamento semanal das porcentagens da severidade da ferrugem da soja, as menores porcentagens foram observadas nas cinco primeiras avaliações em todos os terços (Figura 6, 7, 8 - A, B, C), após a primeira aplicação com o fungicida e os adjuvantes Nimbus, Veget Oil e LI 700, o terço inferior apresentou a maior área coberta pela doença nesse período mantendo-se estável até a quinta avaliação, período que correspondeu a segunda aplicação dos tratamentos.

Observou-se a partir da sexta avaliação crescimento acentuado da área coberta pela doença nas parcelas que não receberam tratamento (testemunha) e variação das porcentagens de severidade em função dos tratamentos nos terços superior, médio e inferior até a última avaliação, com exceção das duas últimas avaliações no terço inferior, onde as folhas que restaram estavam recobertas pelas lesões de ferrugem (Figuras 5, 6, 7, 8). Essas parcelas constituíam-se em fonte de inóculo do fungo *P. pachyrhizi*, o que pode ter contribuído para o processo de disseminação e infecção das demais parcelas tratadas (BERGAMIN FILHO et al., 1995).



Figura 5. Parcela com alto nível de infecção de ferrugem Asiática devido a ausência de aplicação dos tratamentos (testemunha), Jaboticabal, SP, 2011.

As plantas que receberam a pulverização com a ponta DLAD com o volume de 150L/ha tiveram a menor área coberta pela ferrugem no terço superior na penúltima e última avaliação (Figura 6A: 8-A e 9A).

No terço médio verifica-se que as plantas que receberam a pulverização com as pontas TT e DLAD com o maior volume (200L/ha) na penúltima avaliação (Figura 6B: 8-A) foram as com menor área coberta pela ferrugem; na última avaliação a ponta TTJ com o menor volume de aplicação e a ponta DLAD com maior volume de aplicação igualaram-se e proporcionaram a menor área afetada pela doença (Figura 6B: 9-A).

No terço inferior constata-se que as plantas que receberam pulverização com a ponta DLAD com maior volume e com a ponta TT com menor volume foram as menos afetadas pela doença na sexta avaliação (Figura 6C: 6-A), obtendo respectivamente 8,29 e 8,56 % de severidade. Na sétima avaliação (Figura 6C: 7-A) constatou-se comportamento semelhante a avaliação antecedente, no entanto ocorreu aumento da área foliar afetada 11,34 e 20,04 %, respectivamente.

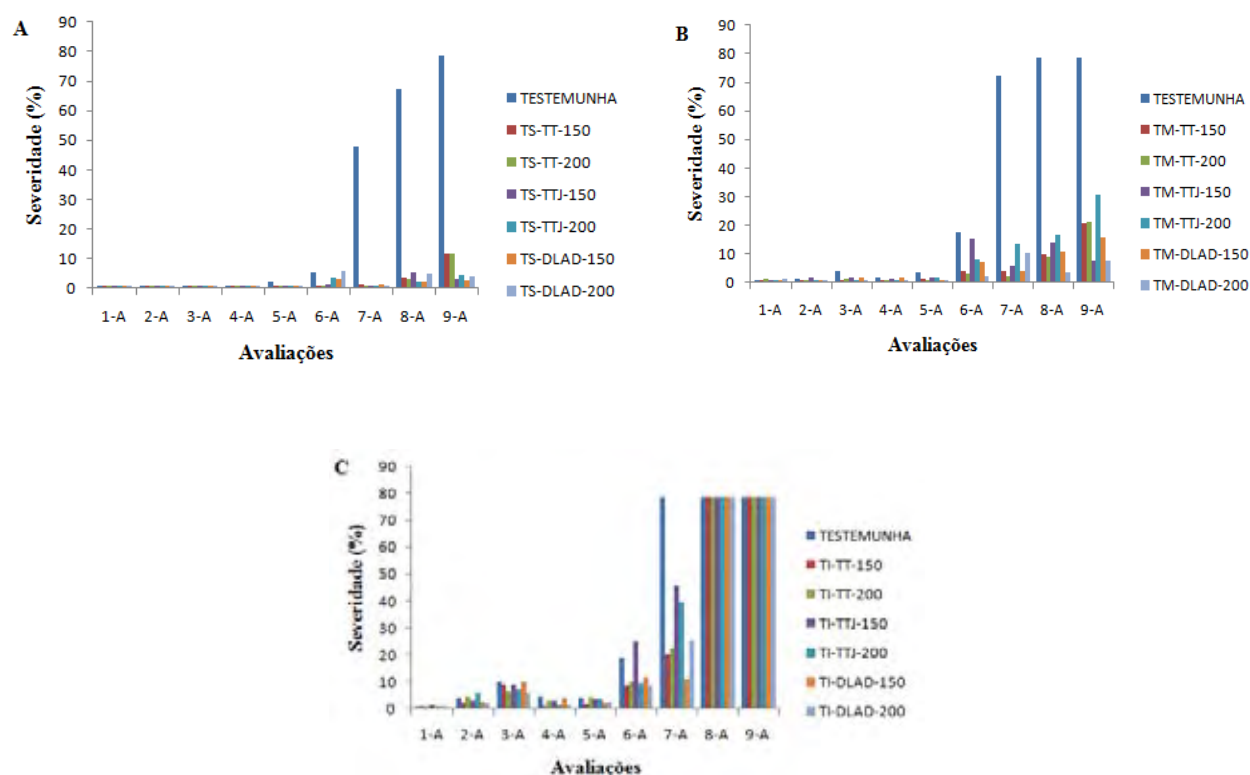


Figura 6. Evolução da severidade da ferrugem Asiática com aplicações do fungicida e o adjuvante Nimbus com as pontas TT, TTJ e DLAD e os volumes 150 e 200 L/ha. A - terço superior (TS); B - terço médio (TM); C- terço inferior (TI), Jaboticabal, SP, 2011.

Observou-se na penúltima avaliação no terço superior Figura 7A: 8-A que as plantas pulverizadas com a calda contendo o fungicida e o adjuvante Veget oil aplicadas com as pontas DLAD e ambos os volumes testados, proporcionaram as menores porcentagens de área foliar coberta pela doença (150 L/ha - 1,23 % e 200 L/ha - 0,77 %); na última avaliação Figura 7A: 9-A verifica-se que as pontas TTJ e DLAD com o maior volume de aplicação testado proporcionaram as menores severidades observadas 3,99 e 5,3 %, respectivamente.

Verifica-se na penúltima avaliação no terço médio Figura 7B: 8-A, que as plantas pulverizadas com a calda contendo o fungicida e o adjuvante Veget Oil aplicadas com as pontas TT e TTJ com o menor e o maior volume de aplicação, respectivamente, proporcionaram os menores valores de severidade 6,58 e 7,52%; observa-se na última

avaliação Figura 7B: 9-A que as pontas DLAD com ambos os volumes testados proporcionaram as menores porcentagens de severidade da ferrugem.

As plantas que receberam as aplicações da calda no terço inferior com as pontas TTJ-150L/ha e DLAD-200L/ha na sexta avaliação obtiveram a menor porcentagem de severidade observada 11,25 e 5,41%, respectivamente (Figura 7C: 6-A; para a sétima avaliação Figura 7C: 7-A observa-se que as plantas que receberam a aplicação da calda com as pontas TTJ e DLAD com o maior volume testado (200L/ha) obtiveram os menores valores de área foliar coberta pela ferrugem.

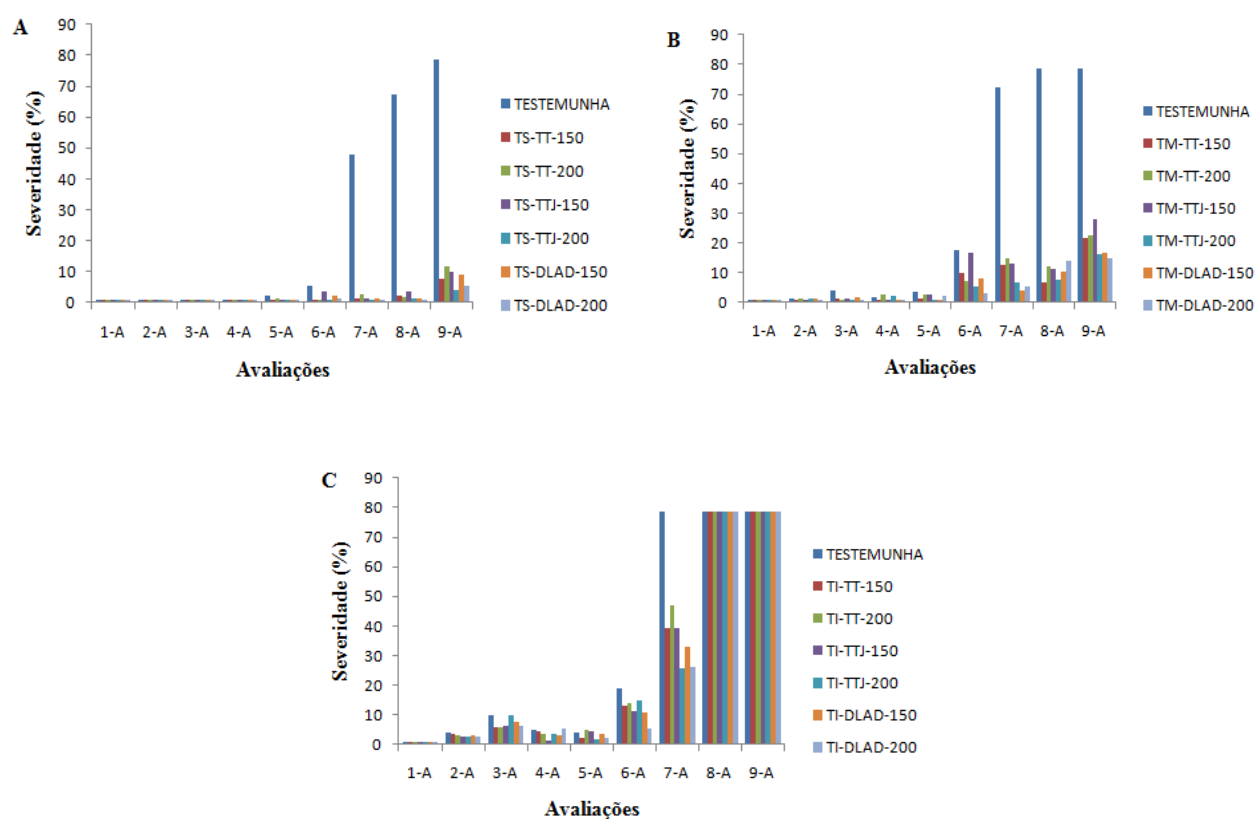


Figura 7. Evolução da severidade da ferrugem Asiática com aplicações do fungicida e o adjuvante Veget Oil, com as pontas TT, TTJ e DLAD e os volumes de 150 e 200 L/ha. A - terço superior (TS); B - terço médio (TM); C - terço inferior (TI), Jaboticabal, SP, 2011.

As plantas que receberam no terço superior a aplicação da calda contendo o fungicida mais o adjuvante LI 700 na penúltima avaliação, com o volume de 200L/ha apresentaram as menores porcentagens de severidade quando aplicadas com as pontas TTJ - 1,82 % e DLAD - 1,79%, (Figura 8A: 8-A); comportamento semelhante foi observado na última avaliação, porem com aumento da severidade nas folhas de soja TTJ-4,67 % e DLAD-2,86 % (Figura 8A: 9-A).

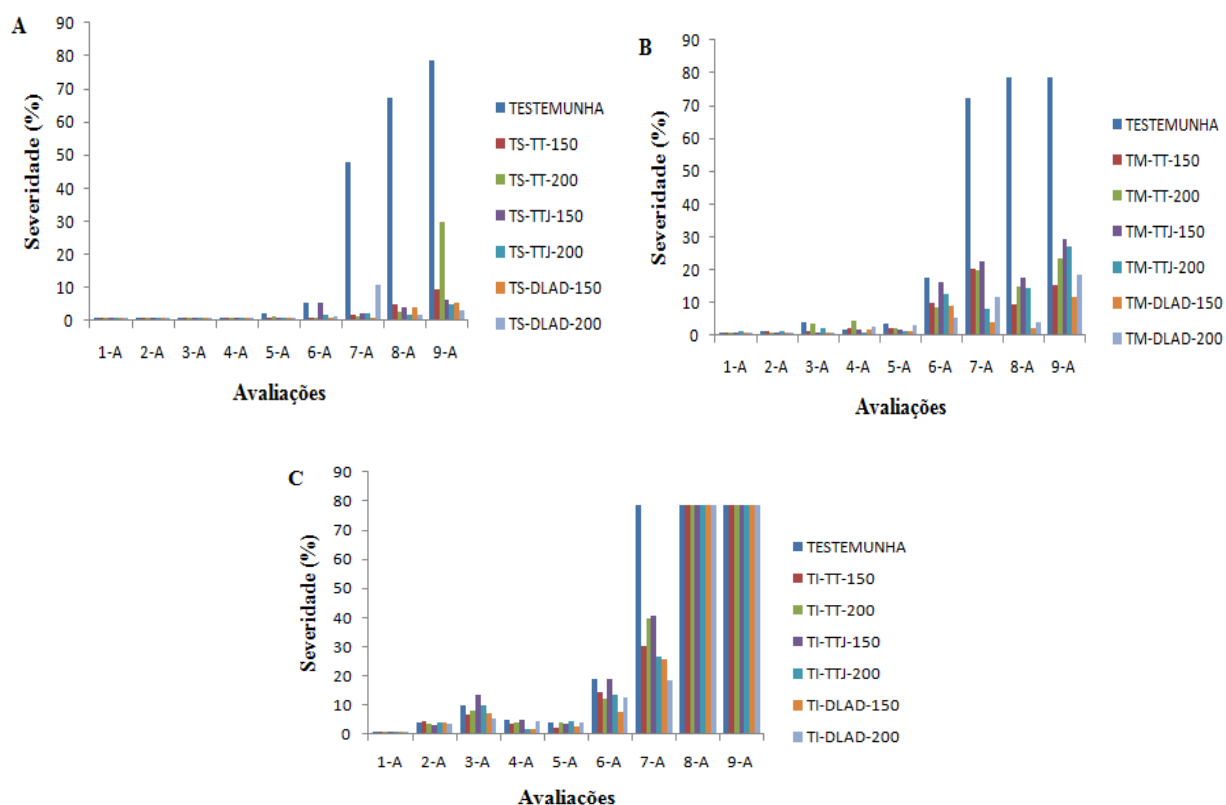


Figura 8. Evolução da severidade da ferrugem Asiática com aplicações do fungicida e o adjuvante LI 700, pontas (TT, TTJ e DLAD) e volumes de 150 e 200 L/ha. A - terço superior; B – terço médio; C – terço inferior, Jaboticabal, SP, 2011.

No terço médio na penúltima avaliação Figura 8B: 8-A verificou-se que as aplicações com as pontas DLAD e ambos os volumes proporcionaram os menores valores de severidade, constatou-se na última avaliação que as plantas que receberam pulverização com as pontas TT e DLAD com o volume de 150L/ha apresentaram respectivamente 15,46 e 11,75 % de severidade da ferrugem (Figura 8B: 9-A).

Observou-se no terço inferior na sexta avaliação Figura 8C: 6-A que as plantas que receberam a aplicação com o fungicida e o adjuvante LI700 aplicados com as pontas TT - 200L/ha e as pontas DLAD - 150L/ha proporcionaram 12,16 e 7,82 %, respectivamente de área foliar coberta pela ferrugem; constatou-se que na sétima avaliação Figura 8C: 7-A as severidade foram menores nas plantas que receberam as aplicações com as pontas DLAD com ambos os 150L/ha – 25,53% e 200L/ha - 18,35%.

3.4. Avaliação das características agronômicas e da produtividade

Observou-se na Tabela 5 que os volumes aplicados interferiram significativamente no número médio de vagens e de grãos e que os tratamentos proporcionaram menor número de vagens vazias em relação à testemunha. As pontas de pulverização influenciaram na massa de grãos e os tratamentos proporcionaram maior produtividade e massa de grãos comparados com à testemunha.

Tabela 5. Teste F para número médio de vagens (NMV), vagens vazias (NMVV), grãos (NMG), produtividade e massa de 1000 grãos, Jaboticabal, SP, 2011.

Fonte de variação	GL	NMV	NMVV	NMG	Produtividade (Kg/ha)	Massa de 1000 grãos (g)
Adjuvantes	2	0,68 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,54 ^{NS}	2,44 ^{NS}	1,74 ^{NS}
Pontas	2	2,76 ^{NS}	0,74 ^{NS}	1,67 ^{NS}	1,93 ^{NS}	5,18**
Volumes	1	4,98*	0,13 ^{NS}	4,39*	0,39 ^{NS}	1,43 ^{NS}
Adjuvantes X Pontas	4	0,98 ^{NS}	0,95 ^{NS}	1,09 ^{NS}	0,44 ^{NS}	1,00 ^{NS}
Adjuvantes X Volumes	2	1,99 ^{NS}	1,99 ^{NS}	1,53 ^{NS}	2,36 ^{NS}	0,53 ^{NS}
Pontas X Volumes	2	0,75 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,41 ^{NS}
Adjuvantes X Pontas X Volumes	4	1,73 ^{NS}	0,66 ^{NS}	1,59 ^{NS}	1,16 ^{NS}	1,37 ^{NS}
Fatorial	17	1,66 ^{NS}	0,79 ^{NS}	1,41 ^{NS}	1,26 ^{NS}	1,57 ^{NS}
Test. X Fatorial	1	2,44 ^{NS}	31,92**	2,42 ^{NS}	34,74**	51,33**
C. V.		25,48	39,78	25,11	15,22	4,42

** e * Significativo pelo teste F, a 1% e 5 % respectivamente de probabilidade; **NS**- Não significativo; **GL**- graus de liberdade; **Test.** – Testemunha; **C. V.** – Coeficiente de variação.

Na Tabela 6 observa-se que o volume de 200L/ha proporcionou o maior número médio de vagens e grãos, diferindo-se estatisticamente do menor volume (150L/ha). Esse comportamento ocorreu provavelmente pela melhor distribuição do maior no dorsel da cultura. No entanto HAYASHI et al. (2010) ao avaliarem o comportamento de genótipos de soja em Selvíria, MS observaram números maiores de vagens para a cultivar BRS Valiosa RR em relação aos resultados observados no presente trabalho.

Em casos severos quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou início da granação, sem que haja o controle químico da doença, pode causar aborto e queda das vagens, resultando no comprometimento total do rendimento (AZEVEDO et al., 2004), foi o que se observou no presente trabalho, onde as parcelas que receberam os tratamentos produziram menos número de vagens vazias (Tabela 6).

Tabela 6. Teste estatístico de comparação de médias para os fatores pontas, volumes e efeito dos tratamentos sobre a testemunha nos parâmetros número médio de vagens (NMV), número médio de vagens vazias (NMVV), número médio de grãos (NMG), produtividade e massa de mil grãos, Jaboticabal, SP, 2011.

Fonte de variação	Parâmetros avaliados				
	NMV	NMVV	NMG	Produtividade (kg/ha)	Massa de 1000 grãos (g)
Pontas					
TT					117,14 a
DLAD					113,76 ab
TTJ					112,66 b
Dms					3,49
Volumes					
200L/ha	59,61 a		129,41 a		
150L/há	52,20 b		114,44 b		
Dms	6,65		14,30		
Fatorial		5,74 b		2133,80 a	114,52 a
Test.		12,80 a		1173,81 b	96,01 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **Dms** - diferença mínima significativa; **Test.** - Testemunha adicional.

A aplicação dos tratamentos promoveu aumento médio de produtividade de 81,78 % em relação à testemunha, evidenciando que o controle da ferrugem foi viável e necessário, independentemente dos adjuvantes, tipo de ponta ou do volume de calda. Os resultados encontrados concordam com o trabalho de BOLLER et al. (2002). Os autores obtiveram resultados semelhantes de produtividade de soja aplicando fungicida sistêmico para o controle de oídio (*Erysiphe diffusa* Cooke & Peck U. Braun & S. Takamatsu), com diferentes pontas, indicando haver possibilidade de se dar preferência àquelas com menor risco de deriva. CUNHA et al. (2006) e CUNHA et al. (2008) também encontraram resultados semelhantes avaliando o controle químico da ferrugem Asiática da soja com diferentes pontas de pulverização (Tabela 6). No entanto a produtividade encontrada no presente trabalho foi inferior a média nacional que foi de 2.901 kg/há⁻¹ para a safra 2009/2010 (CONAB, 2010).

A baixa produtividade se deve provavelmente a queda prematura das folhas de soja, em decorrência do ataque severo da ferrugem. Também se pode atribuir causa à condição experimental, em que as aplicações foram realizadas com o operador caminhando por entre as linhas da cultura que se encontrava plenamente desenvolvida sofrendo alguns danos mecânicos durante as aplicações. O efeito dos tratamentos dados por comparação não foram comprometidos, entretanto, permitindo a interpretação dos resultados coerentemente.

As plantas que receberam pulverização dos tratamentos com as pontas TT obtiveram o maior valor de massa de grãos, não diferindo estatisticamente daquelas tratadas com as pontas DLAD, mas diferindo-se estatisticamente das pontas TTJ que obtiveram valores de grãos com menor massa (Tabela 6). Os resultados obtidos no presente trabalho diferenciam dos observados por CUNHA et al. (2008) ao constatarem em suas avaliações que não houve influência dos diferentes tipos de ponta de pulverização (jato plano defletor duplo, jato plano duplo com pré-orifício, jato cônico vazio com indução de ar e jato cônico vazio padrão) na massa de 1000 grãos, quando utilizados no controle da ferrugem na soja. Os mesmos autores verificaram que os tratamentos influenciaram significativamente quando comparados à testemunha corroborando com os resultados observados no presente trabalho (Tabela 6). A menor

massa dos grãos nas parcelas que não receberam tratamento pode ser atribuído à infecção por *Phakopsora pachyrhizi* que causa a desfolha precoce e como consequência maior perda no rendimento e da massa do grão (OLIVEIRA, 2007).

3.5. Classificação do tamanho de grãos de soja

Verificou-se na Figura 9 que o tamanho dos grãos variou em função dos tratamentos. Os grãos classificados na faixa de 4,5 a 5,5 mm correspondem a mais de 40% das amostras em todos os tratamentos. Observou-se que as maiores porcentagem dos maiores grãos foram obtidas nas plantas que receberam as aplicações com o fungicida + Veget Oil com um volume de 150L/ha, aplicadas com as pontas DLAD, obtendo mais de 50% dos grãos classificados na faixa de 6,0 a 7,0 mm.

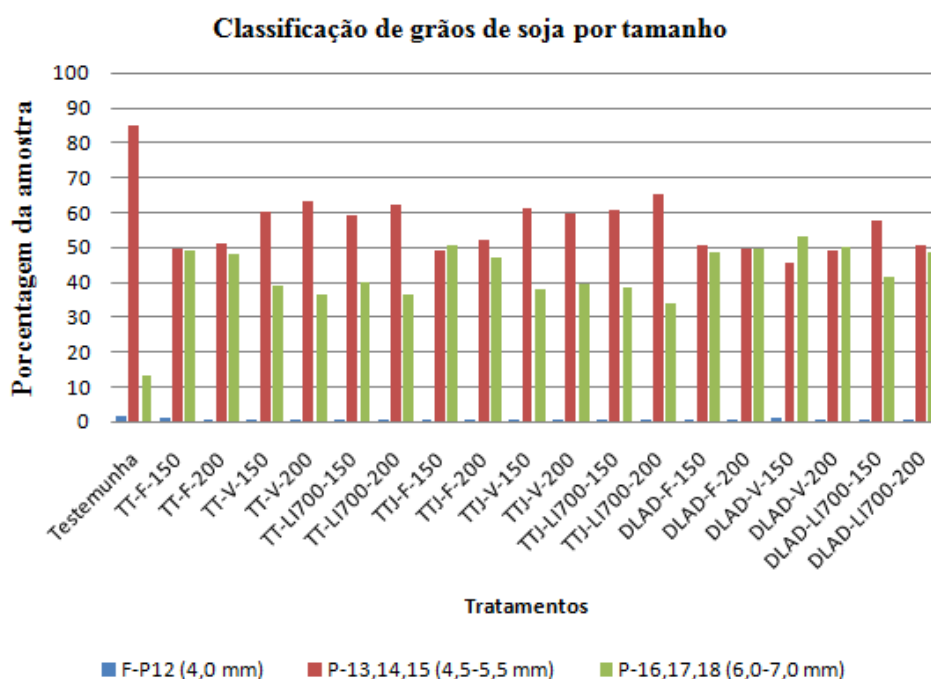


Figura 9. Classificação de grãos de soja por tamanho, F-12 = Fundo + peneira 12 mm; P- 13, 14, 15 = Peneiras 12, 13,14 mm; P-16, 17, 18 mm, Jaboticabal, SP, 2011.

Nas plantas que não receberam tratamento constatou-se que mais de 80% da amostra era composta por grãos mal formados ou grãos de 4mm de diâmetro, o que evidencia que os tratamentos influenciaram no tamanho dos grãos de soja. O menor tamanho dos grãos nas parcelas que não receberam tratamento pode ser atribuído à infecção por *P. pachyrhizi* que causa a má formação dos grãos, como consequência maior perda no rendimento (OLIVEIRA, 2007).

4. CONCLUSÕES

As pontas DLAD e TTJ promoveram maior cobertura nos terços superior e inferior, respectivamente;

As caldas contendo o óleo vegetal no maior volume de aplicação proporcionou maior deposição no terço inferior das plantas de soja;

As plantas que foram pulverizadas com o maior volume de calda produziram o maior número de vagens e grãos independente das pontas e adjuvantes;

A severidade da ferrugem Asiática variou em função dos tratamentos, destacando-se que as aplicações com a ponta DLAD que proporcionou os menores valores de área foliar coberta pela ferrugem;

Os tratamentos apresentaram-se viáveis e necessários independentes dos adjuvantes, pontas e volumes testados no número de vagens vazias, produtividade, massa e tamanho de grãos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos fitossanitários para controle da ferrugem Asiática da soja se justificam tecnicamente pois resultam em manutenção de parte do potencial produtivo da cultura. A utilização do modelo adequado de ponta de pulverização, considerando a pressão de trabalho, o diâmetro de gotas e o formato do jato podem colaborar com a melhor distribuição e deposição das gotas pelo dossel da cultura, além de proporcionar uma melhor cobertura da superfície foliar. Quanto aos adjuvantes o do grupo químico

do fosfatidilcoline e ácido propiônico apresentou as características mais favoráveis quanto aos parâmetros diâmetro de gotas e tensão superficial. Porém, o fungicida utilizado no presente trabalho já é indicado com um adjuvante de outro grupo químico (óleo mineral) o que pode justificar não terem sido verificados diferenças significativas de controle entre os adjuvantes avaliados quanto ao controle da doença e produtividade da cultura.

É sugerida a continuidade da pesquisa para avaliar novos fungicidas e adjuvantes, que em alguns casos são recomendados pelos próprios fabricantes como é o caso do Nimbus, avaliar as faixas de pressão de 360 a 480 kPa em campos utilizando as pulverizações tratorizadas conduzindo por mais de uma safra de soja.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S.; JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA, J. P. A. R.; RENATO GERALDO ARAÚJO, R. G. C. **Efeito de adjuvantes e pontas de pulverização no controle químico da ferrugem Asiática na soja**. In: IX Encontro de Iniciação Científica & XIII Seminário de iniciação científica. Uberlândia, MG, 2009. Disponível em: <<http://www.ic-ufu.org/cd2009/PDF/IC2009-0086.pdf>>. Acesso em: 15/10/10.
- AZEVEDO, L. A. S.; JULIATTI, F. C.; BALARDIN, R. S.; SILVA, O. C. da. **Programa Syntinela**: monitoramento da dispersão de *Phakospora pachyrhizi* e alerta contra a ferrugem Asiática da soja. Campinas, SP, Editora Emopi, 2004, 24p. (Boletim técnico).
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G.; Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP v.57, n.2, p.271-276, abr./jun. 2000.
- BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia. Princípios e Conceitos**. V1, 3ª edição, Editora Agronomia Ceres, São Paulo, SP, 1995.: 919p.: il.
- BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; BRAUN, E. Efeitos da utilização de diferentes pontas de pulverização no controle químico de oídio em soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE

SOJA DA REGIÃO SUL, 30, 2002, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta: Fundacep-Fecotrigo, 2002. p.104.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo, SP: Teejet South America, 1999. 14 p. (Boletim técnico, 5).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, sétimo levantamento, abril 2010, safra 2009/2010, / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília, DF: Conab, 42 p. 2010.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In TORGESON, D. C. ed. **Fungicide – An advanced treatise**, Academic Press, N. York, 1967. p.239-86.

CUNHA, J. P. A. R., MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L. da; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.28, n.2, p.283-291, abr./jun. 2008

CUNHA, J. P. A. R. da & ALVES, G. S.; Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciência**. Caracas, Venezuela, v. 34, n. 9, p 655-659, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS E. F.; SANTOS R. O. Controle químico da ferrugem Asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.36, n.5, p.1360-6, 2006.

DI OLIVEIRA, J. R. G.; **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda**. Dissertação de (Mestrado). 2008. 76p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008.

EMBRAPA SOJA - **Tecnologias de produção de soja – Paraná**, 2005. Londrina, PR, 2006. 208p.

FEHR, W. R. & CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 11p (Special report 80), 1977.

FERNANDES FILHO, E. I.; VALE, F. X. R. e LIBERATO, J. R. **QUANT v.1.0.0.22**: Quantificação de doenças de plantas. Viçosa, MG, : Editora, 2002. 1 CD-ROM.

- FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S. FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, SP, v.27, n.3, p.728-733, 2007.
- GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem Asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34, 2009.
- GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.29, n.1, p.97-101, 2004.
- GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.1, p.63-8, 2006.
- HAYASHI, F. K.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W. A. S.; MARCANDALLI, L. H.; FRANZOTE, F. H. **Comportamento de genótipos de soja na região de Selvíria - MS – CIEM 2008/09**. Faculdade de Engenharia – Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2010. Disponível em: http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_00271690224.pdf, Acesso em 14/10/10.
- IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 63f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2008
- JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A.C.; JULIATTI, F. C.; MOURA, E. A. C.; AZEVEDO, L. A. Uso da resistência parcial e efeito preventivo e curativo de fungicidas no controle da ferrugem Asiática. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, MG: UFU, 2005. p.115-33.
- MACHADO-NETO, J. G.; MATUO, T. Avaliação de um amostrador para estudo da exposição dérmica de aplicadores de defensivos agrícolas. **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, SP, v.4, n.2, p.22, 1989.

- MATUO, T. **Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Jaboticabal, SP: Funep, 1990. 139p.
- OLIVEIRA, A. F. de. Produtividade da soja e severidade da ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) influenciada pela aplicação foliar com fontes de potássio e doses de tebuconazole. Dissertação (Mestrado). 2007. 51p., Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2007.
- OZEKI, Y. **Manual de Aplicação aérea**. São Paulo, SP, 2006. 101 p.
- PALLADINI, L. A. Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. 2000. 111p. **Tese** (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2000.
- PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Sistema de produção de uva de mesa no norte do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, 2005.
- QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J P. A. R. da. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience. Journal.**, Uberlândia, MG, v. 24, n. 4, p. 8-19, Oct./Dec. 2008
- ROMÁN, R. A. A. Parâmetros relacionados ao espectro da população de gotas e distribuição volumétrica de bicos de energia centrífuga. Dissertação (Mestrado), 2010. 108p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2010.
- ROMÁN, R. A. A; CORTEZ, J. W.; FERREIRA, M da C. DI OLIVEIRA, J. R.G. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agrária**, Curitiba, PR, v.10, n.3, p.223-232, 2009.
- SANTOS, J. A.; JULIATTI, F. C.; SANTOS, V. A.; POLIZEL, A.C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.42, n.3, p.443-7, 2007.
- SANTOS, J. M. F. **Aviação agrícola - Manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos**. São Paulo: Rhodia Agro, 1992. 100 p.
- SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado**. 2006. 47f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2006.

SILVA, A. J. DA; CANTERI, M. G.; SANTIAGO, D. C.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. L. DA. A refletância na estimativa do efeito de fungicidas no controle da ferrugem Asiática da soja. **Summa Phytopathol.** Botucatu, SP, v. 35, n. 1, p. 53-56, 2009.

SILVA, J. C.; MEYER, M. C.; COUTINHO, W. M.; SUASSUNA, N. D. Fungitoxicidade de grupos químicos sobre *Myrothecium roridum* in vitro e sobre a mancha-de-mirotécio em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.41, n.5, p.755-761, 2006.

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica.** 1997. 310p. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

THEBALDI, M. S.; REIS, E. F. DOS; GRATÃO, P. T. S.; SANTANA, M. S. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Havana, Cuba, v. 18, n. 2, 2009.