

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

**DINÂMICA DO AR EM BARRA PULVERIZADORA, COM SAÍDA
ÚNICA E DUPLA, DEPOSIÇÃO DA CALDA E CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

VILSON LUÍS KUNZ

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Setembro - 2010

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

**DINÂMICA DO AR EM BARRA PULVERIZADORA, COM SAÍDA
ÚNICA E DUPLA, DEPOSIÇÃO DA CALDA E CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

VILSON LUÍS KUNZ

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Setembro - 2010

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

K97d Kuns, Vilson Luis, 1982-
Dinâmica do ar em barra pulverizadora, com saída única e dupla, deposição da calda e controle da ferrugem asiática da soja / Vilson Luis Kuns. - Botucatu: [s.n.], 2010
v, 48 f.: il., color., grafs., tabs.

Tese(Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2010
Orientador: Carlos Gilberto Raetano
Inclui bibliografia.

1. Tecnologia de aplicação. 2. Soja. 3. Assistência de ar. 4. Pulverização. 5. Deposição. I. Raetano, Carlos Gilberto . II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: DINÂMICA DO AR EM BARRA PULVERIZADORA, COM SAÍDA ÚNICA
E DUPLA, DEPOSIÇÃO DA CALDA E CONTROLE DA FERRUGEM
ASIÁTICA DA SOJA**

ALUNO: VILSON LUÍS KUNZ

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

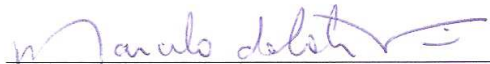
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



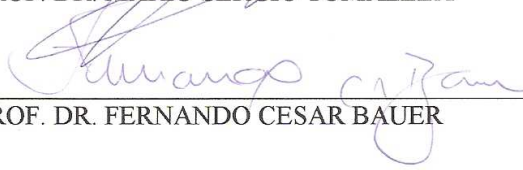
PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO



PROF. DR. MARCELO DA COSTA FERREIRA



PROF. DR. MARIO SERGIO TOMAZELA



PROF. DR. FERNANDO CESAR BAUER

Data da Realização: 14 de setembro de 2010.

AGRADECIMENTOS

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

À Empresa Máquinas Agrícolas Jacto S.A., pela ajuda no fornecimento dos equipamentos;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo - FAPESP, pela bolsa de estudos concedida durante a realização do curso;

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

Aos Funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção - FEPP da FCA/UNESP, pela colaboração e amizade;

Aos colegas do Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos da FCA/UNESP, pela ajuda na execução desta pesquisa, em especial Rafael de Souza Christovam, Mário Henrique F. A. Dal Pogetto, Hélio Oliveira Aguiar Júnior, Evandro Pereira Prado e Alexandre Merlin;

Aos amigos de Botucatu, Ricardo, Elizeu, Luchele, Dácio, Suenon e os amigos da república *Os Terneiros*, Flávio, Tailene, Samuel, Laércio, Laerte e Gustavo, que tornaram minha caminhada mais fácil e mais alegre;

Em especial a minha Esposa Cristiane, pelo carinho, apoio e compreensão, durante todo o período de realização deste trabalho;

E a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
5 MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1 Medições da velocidade do ar	21
5.2 Construção e instalação da barra com assistência de ar de dupla saída	23
5.3 Estudo comparativo da dinâmica do ar em sistema de saídas única e dupla de ar	24
5.4 Análise da deposição da calda de pulverização	25
5.5 Controle da ferrugem.....	28
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6.1 Medições da velocidade do ar	30
6.2 Dinâmica do ar em sistema de saídas única e dupla de ar	32
6.3 Análise da deposição da calda de pulverização	36
6.4 Controle da ferrugem da soja.....	38
7 CONCLUSÕES	40
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingrediente ativo e respectivo grupo químico dos fungicidas registrados no MAPA para controle da <i>P. pachyrhizi</i> na cultura da soja.	9
Tabela 2. Estatística descritiva dos dados de velocidade do ar obtidos ao longo da barra de pulverização com diferentes métodos de avaliação.....	30
Tabela 3. Estatística descritiva dos dados de velocidade do ar obtidos com o método do fio para a barra de pulverização de saídas única e dupla de ar.	33
Tabela 4. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) do marcador cúprico em alvo artificial (papel filtro) nas superfícies abaxial e adaxial dos folíolos, da parte superior das plantas de soja, var. Conquista. Botucatu-SP, 2008/2009.	36
Tabela 5. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) do marcador cúprico em alvo artificial (papel filtro) nas superfícies abaxial e adaxial dos folíolos, da parte inferior das plantas de soja, var. Conquista. Botucatu-SP, 2008/2009.....	37
Tabela 6. Deposição do marcador cúprico nas Placas de Petri ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$), colocadas fora das parcelas experimentais, a 0,20 m de altura do solo, para determinação da deriva.	38
Tabela 7. Severidade da ferrugem asiática da soja com índice de severidade observado com mais frequência (Sev.%), menor valor observado (Mín) e maior valor observado (Máx) nas avaliações semanais, na parte inferior das plantas de soja, var. Conquista. Botucatu-SP, 2008/2009.....	38
Tabela 8. Produtividade da soja (kg ha^{-1}) variedade Conquista. Botucatu-SP, safra 2008/2009.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista posterior do conjunto trator+pulverizador com indicação dos 9 pontos de medição preliminar da velocidade do ar.....	22
Figura 2. Detalhe da utilização do “método do fio”para medição da velocidade do ar.	23
Figura 3. Detalhe do projeto da barra de pulverização com assistência de ar de dupla saída (a) e detalhe da após construção e instalação no equipamento utilizado para aplicação (b) e (c).	24
Figura 4. Alvo artificial (papel-filtro) para avaliação dos depósitos da pulverização.....	27
Figura 5. Escala diagramática visual da ferrugem asiática da soja (porcentagem de área foliar lesionada) proposta por Godoy et al. (2006).	29
Figura 6. Velocidade média do ar com o método da régua (a) e com o método do fio (b), ao longo da barra de pulverização (da esquerda para direita / vista traseira do equipamento).	31
Figura 7. Velocidade média do ar ao longo da barra de pulverização. Barra do lado esquerdo - saída única; e barra do lado direito - saída dupla (cortina de ar frontal).	34
Figura 8. Velocidade média do ar ao longo da barra de pulverização. Barra do lado esquerdo - saída única; e barra do lado direito - saída dupla (cortina de ar posterior).....	34
Figura 9. Indicação dos obstáculos físicos que provocam os pontos cegos ou “sombras” na saída do ar.....	35

1 RESUMO

O projeto de pesquisa foi conduzido em três fases, realizadas em área experimental da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Campus de Botucatu. Na primeira fase foi desenvolvido método para medição da velocidade e volume de ar em barras de pulverização dotadas de assistência de ar. O delineamento experimental aplicado nesta fase, foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 9 x 3 (nove posições ao longo da barra x três distâncias em relação à saída de ar) para a variável velocidade do ar, em quatro repetições. Na segunda fase foram desenvolvidos estudos comparativos da dinâmica do ar, utilizando-se barras com única e dupla saídas de ar, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com medidas realizadas num esquema fatorial de 15 x 6 (quinze posições em cada barra x seis distâncias em relação a saída de ar) em quatro repetições. A dinâmica do movimento do ar foi representada na forma gráfica. Na terceira fase do projeto, foram realizados estudos comparativos de deposição da pulverização nos sistemas com única e dupla saída de ar, em relação à barra de pulverização convencional (sem assistência de ar), bem como o efeito destas tecnologias sobre a eficiência de controle da ferrugem asiática da soja. Para a análise dos volumes dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L cm}^{-2}$) foi realizado um experimento a campo, com delineamento experimental de blocos ao acaso, no esquema fatorial 3 x 2 (três sistemas de pulverização: única e duplas saídas de ar e sem assistência de ar junto à barra x duas posições de amostragem na planta: inferior e superior), em oito repetições. Para cada posição de amostragem foram obtidos dados médios de 10 plantas por parcela. A

análise de variância dos dados foi realizada pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para avaliação da eficiência das tecnologias de aplicação no controle da ferrugem da soja, outro experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso com 4 tratamentos: barra de pulverização com única saída de ar; barra com dupla saída de ar; barra de pulverização convencional (sem ar) e testemunha, distribuídos em 8 repetições. O método de medição utilizando o fio de “nylon” mostrou-se mais prático e preciso para determinação da velocidade do ar. Não houve influencia dos sistemas de saídas única ou dupla de ar junto à barra de pulverização sobre os depósitos da calda em plantas de soja, tampouco sobre a produtividade. Os sistemas com única e duplas saídas de ar junto à barra influenciaram positivamente no controle da ferrugem asiática da soja comparados à pulverização convencional e ao tratamento controle (plantas não tratadas).

Palavras chave: tecnologia de aplicação, controle químico, assistência de ar, deposição.

AIR DYNAMIC IN SLEEVE BOOM SPRAYER, WITH SINGLE AND DOUBLE AIR OUTLET, SPRAY DEPOSITION AND SOYBEAN RUST CONTROL. Botucatu, 2010, 48 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

Author: VILSON LUÍS KUNZ

Adviser: CARLOS GILBERTO RAETANO

2 SUMMARY

The project was carried out in three phases, at the experimental area of Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP - Botucatu. In the first phase was developed a method for air speed and volume measuring in a spray boom equipped with air assistance. The experimental design applied in this phase was randomized blocks in a 9 x 3 factorial scheme (nine positions along the boom x three distances to the air outlet), with four repetitions to the variable air velocity. In the second phase were developed comparative studies of the air dynamics using spray boom with single and dual air outlets. The experiment was carried out in a completely randomized design in a 15 x 6 factorial scheme (fifteen positions in each spray boom x six distances from the air exit) with four replicates. The dynamics of air movement was graphically represented. In the third phase of the project, were realized comparative studies of spray deposition systems with single and double air outlet, with conventional spray boom (without air assistance), as well as the effect of technologies on the Asian soybean rust control efficiency. To evaluation of spray deposits ($\mu\text{L cm}^{-2}$) was used completely randomized design distributed in a 3 x 2 factorial scheme (three spray technologies: single and double air outlets and without air assistance along the boom x two sampling positions in the plant: lower and upper), with eight repetitions. For each sample position were obtained average data of 10 plants per plot. The analysis of variance was performed by F test and the means compared by Tukey test at 5% probability. To evaluate the control efficiency of spraying on the soybean rust, an experiment was conducted with a randomized block design with four treatments: spray boom with single air outlet; spray boom with double air outlet; conventional spray boom (without air) and control treatment with eight repetitions. The measurement method using the

nylon thread was more appropriate and accurate for determination of air velocity. There was no influence of systems for single or dual air outlet along the spray boom on deposits over soybean plants, either on yield. Systems with single and double air outlets along the spray boom, had a positive influence in the Asian soybean rust control when compared with conventional spraying and the control (untreated plants).

Keywords: application technology, chemical control, air assistance, deposition.

3 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das plantas mais cultivadas devido à sua adaptabilidade em diferentes latitudes, solos e condições climáticas. No entanto, segundo Yorinori (1997), a exploração econômica do seu potencial produtivo (mais de 4.000 kg/ha) dificilmente é alcançada. De acordo com Chiappa (2006), a soja constitui uma das culturas de maior relevância para a economia brasileira e, possivelmente, a que apresenta crescimento mais expressivo no cultivo e no segmento agroindustrial nacional. De acordo com a Conab (2010) a estimativa da produção de grãos na safra 2009/10 é de 149,0 milhões de toneladas e, destas, 68,69 milhões de toneladas referentes à cultura da soja.

O sistema de produção adotado para a cultura é dependente do uso de produtos fitossanitários, que atuam como importante componente no manejo da cultura, principalmente em razão do clima, bastante favorável à ocorrência de doenças e plantas daninhas, que interferem no crescimento, desenvolvimento e na produtividade da cultura. Das enfermidades já registradas nessa cultura a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow é a doença mais temida no mundo (YORINORI, 1997).

A partir de sua ocorrência na América do Sul, mais precisamente no Paraguai e Brasil (norte do Estado do Paraná) na safra de 2000/2001 os prejuízos causados por *P. pachyrhizi* vêm aumentando paulatinamente, sendo da ordem de US\$ 2 bilhões na safra 2003/04, segundo estimativa da Embrapa (FURLAN, 2005; SOJA, 2004). De acordo com Godoy (2008) na safra 2007/2008, os gastos com o controle da doença somaram a importância

de 1,97 bilhão. Portanto, melhores conhecimentos de epidemiologia e o desenvolvimento de novas técnicas de aplicação dos produtos fitossanitários são essenciais para minimizar os prejuízos causados por esse patógeno que se não controlado pode causar perdas superiores a 75% (FURLAN, 2005; SINCLAIR e HARTMAN, 1999).

No campo, em relação à eficiência das pulverizações, os resultados são muito variáveis. O grau de sucesso geralmente é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura de pulverização. A eficácia do tratamento depende não somente da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade da cobertura do alvo.

Notadamente, a utilização da assistência de ar junto à barra na pulverização de produtos fitossanitários tem melhorado significativamente o processo, diminuindo custos, aumentando o rendimento da operação, e melhorando a eficiência da utilização dos produtos. No entanto, embora a idéia de usar a assistência de ar em pulverizações não seja nova, nota-se com a comercialização desses equipamentos que estudos mais detalhados devem ser efetuados em relação a esta tecnologia.

Desta forma, muitos questionamentos ainda precisam ser respondidos, além da necessidade de se estabelecer normas para avaliação precisa da velocidade do ar gerado em pulverizadores de barra, dotados de assistência de ar, torna-se importante a padronização da distância de medição da velocidade do ar em relação à abertura de saída para o estudo da relação desse parâmetro e a rotação do ventilador, e a determinação da influência dessas características na eficiência dessa tecnologia.

Cabe, portanto, as áreas diretamente relacionadas à agricultura buscar e fornecer informações necessárias para o uso adequado da tecnologia e conseqüentes melhorias no processo de aplicação de produtos fitossanitários, melhoria esta, que deverá ser alcançada com a evolução no processo de aplicação em todos os seus aspectos. Dessa forma, o estudo e desenvolvimento de novas tecnologias de aplicação se tornam indispensáveis na medida em que se pretende melhorar os depósitos da pulverização sobre o alvo e consequentemente o controle fitossanitário na cultura da soja.

Assim, este trabalho teve por objetivo desenvolver um método para avaliação da dinâmica do ar em barra assistida a ar, com saída única ou dupla, seu efeito na deposição da calda e no controle da ferrugem asiática da soja.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Em 2007/2008, do montante de aproximadamente 5 bilhões movimentados no mercado de produtos fitossanitários, 1,2 bilhões foram provenientes do uso de fungicidas, sendo a maior parte empregada na cultura da soja (ANDEF, 2008). Neste contexto, a aplicação de produtos fitossanitários, crescente a cada ano, corresponde a uma das parcelas de maior importância no custo de produção da cultura sendo a maior parte devida a aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, doença mais expressiva e severa na cultura da soja.

A ocorrência da doença está relacionada às condições climáticas favoráveis (temperaturas médias menores que 28°C e molhamento foliar de mais de dez horas), suscetibilidade das variedades, épocas de semeadura, infestação pelo patógeno e medidas de controle. O período crítico da doença tem se mostrado na fase reprodutiva da cultura, a partir do florescimento, porém pode ocorrer já nos primeiros estádios de desenvolvimento (FURLAN, 2005).

Nas safras agrícolas 2004/2005 e 2005/2006 constatou-se a maior severidade da doença na cultura da soja pelas condições favoráveis ao desenvolvimento do patógeno nesse hospedeiro: presença de plantas ‘guaxas’ ou ‘tigueras’ (plantas que escaparam da colheita anterior) nas áreas de plantio, condução da soja ‘safrinha’ sob irrigação (pivô) e a antecipação da semeadura dos plantios de verão; pelas condições climáticas favoráveis (melhor distribuição da precipitação pluviométrica ou excesso de precipitação dificultando o

controle do agente causal da doença), bem como a provável ocorrência de novas raças do patógeno (GODOY, et al., 2006 b).

Para reduzir a alta pressão de inóculo os Estados do Mato Grosso Tocantins e Goiás apresentaram Instruções Normativas para a safra agrícola 2006/2007 que instituíram períodos de vazio sanitário de 90 dias entre a colheita de soja e a semeadura da safra de verão - 2006/2007 (GODOY et al., 2006 b). Em 2007, foi publicada pelo MAPA, a Instrução Normativa Número 2, de 29 de janeiro de 2007, instituindo o Programa Nacional de Controle da Ferrugem Asiática da Soja (PNCFS), no qual, entre outras diretrizes, ficou estabelecido que os Estados deveriam criar seus Comitês Estaduais de Controle da Ferrugem Asiática da Soja e que as instâncias intermediárias do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) em cada Estado, deveriam estabelecer um calendário de semeadura de soja, com um período de, pelo menos 60 dias sem a presença de plantas cultivadas ou voluntárias (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2010).

Com a adoção do vazio sanitário por vários estados brasileiros a severidade da doença vem sendo menor nas ultimas safras agrícolas. No entanto, na safra agrícola 2009/2010 o alto índice de precipitação pluviométrica no estado de São Paulo, de dezembro a fevereiro, exigiu maior número de pulverizações para o controle da ferrugem asiática da soja.

Assim, o controle químico, na maior parte das vezes, torna-se essencial para a garantia da produtividade na cultura da soja por se tratar da forma mais eficiente de controle (YORINORI, 2002). No entanto, apesar da evolução verificada nos pulverizadores e em seus componentes, nos últimos anos, marcadamente pela introdução de dispositivos eletrônicos que proporcionaram a possibilidade da redução do volume de calda aplicado, e o aumento na eficiência da pulverização, a aplicação de produtos fitossanitários em algumas situações ainda deixa muito a desejar.

Atualmente, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010), 17 ingredientes ativos estão registrados para o controle da ferrugem asiática da soja (Tabela 1).

Tabela 1. Ingrediente ativo e respectivo grupo químico dos fungicidas registrados no MAPA para controle da *P. pachyrhizi* na cultura da soja.

Ingrediente ativo	Grupo químico
azoxystrobin	estrubirulina
tebuconazole	triazol
ciproconazole	triazol
propiconazole	triazol
difenoconazole	triazol
epoxiconazole	triazol
fenarimol	pirimidinil carbinol
fluquinconazole	triazol
flutriafol	triazol
myclobutanil	triazol
propiconazole	triazol
pyraclostrobin	estrubirulina
prothioconazole	triazolintiona
tiofanato metílico	benzimidazol
trifloxystrobin	estrubirulina
picoxistrobina	estrubirulina
carbendazim	benzimidazol

Fonte: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010).

Na safra agrícola 2005/2006 a região Centro-Oeste foi a que apresentou maiores problemas no controle de *P. pachyrhizi*, onde o número de aplicações variou na região de Primavera do Leste - MT, em média, de 3,0 a 3,5 aplicações e casos de até sete aplicações. Já no estado de Goiás, em média, o número de aplicações variou de 2,5 a 3,0 com relatos de até cinco aplicações (GODOY et al., 2006 b).

O custo de uma aplicação (máquina mais fungicida) em outubro de 2005, variou de R\$ 46,11 a R\$ 68,71. Porém a participação do custo do controle da ferrugem no custo da produção com apenas uma aplicação varia de 4,29 a 6,26%, correspondendo o custo do tratamento ao valor de 1,8 a 2,7 sacas/ha (RICHETTI, 2006). Ainda, segundo o autor uma lavoura livre da doença pode alcançar uma produtividade de 55 sacas/ha e o custo de produção encontrar-se por volta de 40,6 sacas/ha, sendo recomendável o controle do agente causal da doença.

Na safra agrícola 2007/2008, o custo do controle da doença ficou em US\$ 43,00 por hectare, com média nacional de 2,2 aplicações por hectare (GODOY, 2008).

Segundo o autor, na safra agrícola 2007/2008, as perdas ocasionadas pela ferrugem asiática da soja foram menores, resultado das práticas de manejo adotadas durante a última safra, como o "vazio sanitário", além da condição climática desfavorável à manutenção e multiplicação do fungo na entressafra de 2007.

O estudo de interação entre cultivares de soja e número de aplicações de fungicida (zero a três) para o controle da ferrugem asiática foi realizado por Costa et al. (2005). Os autores constataram que algumas cultivares respondem a três aplicações da mistura azoxystrobina + cyproconazol (200 + 80 g i.a./L), contudo, na média não compensou a terceira aplicação, visto que houve um aumento de apenas 1,02 sacas/ha.

Via de regra as aplicações de fungicidas visando o controle da ferrugem asiática têm sido sob forma de pulverização terrestre ou aérea utilizando-se respectivamente pulverizadores montados, tracionados ou autopropelidos e aeronaves agrícolas. Essa aplicação é realizada, normalmente, utilizando pulverização hidráulica (CORDEIRO, 2001).

A uniformidade de distribuição da calda, ao longo da barra de pulverização, é dada pelas condições de montagem e operação do equipamento, como espaçamento entre bicos, altura da barra, ângulo de abertura dos bicos e pressão de trabalho (PERECIN et al., 1994), sendo avaliada pelo coeficiente de variação resultante da sobreposição de distribuição do conjunto de bicos colocados na barra.

De maneira geral, a deposição da calda é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas, o que proporciona baixa eficácia no controle de doenças, principalmente no caso de fungicidas que requerem cobertura uniforme de toda a planta, problema este, acentuado nas aplicações em culturas com elevado Índice de Área Foliar (IAF).

No momento em que as plantas atingem o grau máximo de desenvolvimento vegetativo, com total fechamento e grande área foliar, as aplicações necessitam da máxima capacidade de penetração na massa de folhas e cobertura das mesmas, mesmo para a aplicação de fungicidas com características de ação sistêmica (ANTUNIASSI et al., 2004).

Além disso, há ainda outros fatores relacionados à qualidade da aplicação que devem ser considerados, entre eles a vazão e a uniformidade de distribuição do líquido, os quais devem apresentar a menor variação possível ao longo da barra. Em vista

disso, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de avaliar efeitos de volumes de aplicação, em diferentes equipamentos, no controle de plantas daninhas e doenças de plantas.

Nas pulverizações de fungicidas para o controle da ferrugem ou doença de final de ciclo da soja (DFC), as aplicações terrestres podem consumir de 100 a 300 L/ha, dependendo da região. Já para as pulverizações com aeronaves agrícolas o volume de aplicação varia em média de 5 a 30 L/ha (ANTUNIASSI, 2004). O volume de aplicação recomendado pela Embrapa soja varia de 150 a 200 L/ha para aplicações com pulverizadores terrestres e de 40 L/ha para pulverizações com aeronaves agrícolas (YORINORI e LAZZAROTTO, 2004).

Resultados de pesquisas têm demonstrado níveis de controle do agente causal da doença superiores a 85% com o volume de calda de 200 L/ha pulverizado com pontas de jato plano 11002 dos tipos XR, UF, TT e AVI (indução de ar) em diferentes variedades da cultura da soja (CUNHA et al., 2006).

Há evidências de que a redução no volume de aplicação pode aumentar a capacidade operacional dos equipamentos aplicadores mantendo a mesma eficiência de controle deste patógeno. Se por um lado a redução do volume de aplicação aumenta a capacidade operacional dos equipamentos aplicadores, por outro, exige a redução do tamanho das gotas para manter a mesma cobertura de pulverização. Mais importante do que aplicar um determinado volume de calda por área é distribuí-lo de maneira uniforme, certificando-se de que todas as partes receberam quantidades semelhantes do produto químico (RAMOS, 2000).

Para a definição da melhor estratégia de controle do agente causal da ferrugem asiática da soja devem ser consideradas, além da uniformidade de distribuição do volume aplicado outras características inerentes à tecnologia selecionada como o tamanho das gotas de pulverização ou intrínsecas aos fungicidas, especialmente, quanto a sua movimentação na planta. A maior parte dos fungicidas sistêmicos registrados para o controle de *P. pachyrhizi* apresentam movimentação no sentido da base para o ápice da folha, com mínima chance de movimentação no sentido contrário e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra (ANTUNIASSI et al. 2005). Deve-se salientar que a mobilidade acrópeta é característica de alguns grupos de fungicidas recomendados para o controle do agente causal da ferrugem asiática da soja como os triazóis, porém outros produtos como as estrobilurinas apresentam propriedades mesostêmicas (REIS et al., 2001).

Segundo Antuniassi (2006), para os produtos de contato e para aqueles cuja sistemicidade é limitada, o uso de gotas menores e/ou maior volume de calda é necessário, devido a maior dependência desta técnica com relação à cobertura dos alvos. Como exemplo, se o alvo da aplicação inclui a parte interna ou inferior das plantas, como no caso de aplicação de fungicidas para ferrugem da soja, é necessária uma boa penetração da nuvem de gotas e, para tanto, devem ser priorizadas gotas menores.

De acordo com Cunha et al. (2006), para a aplicação de fungicidas na soja, as pontas mais utilizadas são aquelas que produzem gotas finas, como as de jato plano padrão. No entanto, em virtude de seu espectro de gotas propiciarem a deriva, têm-se tentado utilizar pontas que produzem gotas maiores, como as de jato plano de pré-orifício, de jato plano com indução de ar e de jato plano duplo com indução de ar. Essas, no entanto, podem comprometer a cobertura das plantas, em razão das gotas serem de maior tamanho. Consequentemente, poderá haver menor controle de doenças. 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.

Para o controle da ferrugem asiática devem-se utilizar gotas de tamanho entre 200 a 300 micrometros (OZKAN, 2005). A influência do tamanho das gotas com diferentes pontas na cobertura de pulverização foi estudada por Antuniassi et al. (2004). Os autores verificaram que gotas muito finas, obtidas com as pontas TX VK6 (jato cônico) e TJ 60 11002 (jato plano duplo) e gotas finas com a ponta XR 11002 (jato plano de uso ampliado) proporcionaram melhores coberturas nas partes médias e baixas das plantas em comparação a gotas muito grossas produzidas por pontas com indução de ar.

Hoffmann & Boller (2004), também descrevem a importância de acertar o “alvo” quando se fala em tecnologia de aplicação, principalmente na aplicação de produtos para controle de doenças (especialmente aqueles com pouco ou nenhuma sistemicidade), uma vez que, diferentemente das pragas, estas são imóveis. Desta forma, requer-se uma boa eficiência na aplicação, pois a arquitetura das plantas de soja e suas folhas podem formar o que se define como efeito guarda chuva, impedindo que a maioria das gotas atinja o alvo que se localiza inicialmente nas folhas mais internas e inferiores, onde normalmente se inicia o desenvolvimento da doença.

A seleção da ponta de pulverização adequada para a eficácia do produto no controle de um agente nocivo constitui uma das etapas mais difíceis que antecedem ao momento da aplicação, pois depende do volume de aplicação, estágio de desenvolvimento da planta (maior ou menor enfolhamento), espectro das gotas para obtenção da cobertura de pulverização desejável e menor porcentagem de perda por deriva, modo de ação do produto, velocidade de deslocamento e tecnologia disponível.

Apesar de gotas médias a finas serem utilizadas com maior frequência em pulverizações no controle da ferrugem asiática da soja pode-se utilizar gotas de tamanho próximo a 100 μm , com controle de deriva, utilizando pulverizadores com assistência de ar junto à barra de pulverização (OZKAN, 2005).

O uso da assistência de ar nos equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários é bastante antigo (ROBINSON, 1993). A incorporação dessa tecnologia aos pulverizadores de barra surgiu como ótima ferramenta para melhorar a qualidade da aplicação (gotas menores, em maior número), aumentar a produtividade (menores volumes e reabastecimentos, maior velocidade de deslocamento e extensão dos horários de pulverização), reduzir a deriva (velocidade do vento da máquina é maior que o vento ambiente) e a exposição a esses produtos (SARTORI, 1997).

Estudos evidenciam os benefícios do uso da assistência de ar em pulverizadores de barras, acoplados ao sistema hidráulico do trator ou de arrasto: reduzindo a deriva (BAUER e RAETANO, 2000; JORGENSEN e WITT, 2000), aumentando a penetração das gotas no dossel da cultura (KOCH, 1997; MATTHEWS, 2000; RAETANO e BAUER, 2003) e melhorando a distribuição da pulverização (SCUDELER, 2005; VENEGAS et al., 2003).

Ao avaliar diferentes pontas (jato plano de uso ampliado XR 8002, jato plano de deriva reduzida TT 110015 e jato cônico D2-23) e equipamentos (convencional sem ar e com assistência de ar equipado com pontas de jato plano de uso ampliado XR 110015) sobre a cobertura da pulverização na cultura da soja, utilizando o volume de 140 L/ha, Ozkan (2005) observou maiores depósitos da calda na parte inferior das plantas quando tratadas com o equipamento dotado de assistência de ar junto à barra pulverizadora. Níveis inferiores de depósitos foram constatados com o pulverizador convencional (sem ar) equipado

com pontas de jato cônico D2-23 (290 kPa), não recomendando o seu uso em aplicações visando o controle de *P. pachyrhizi*.

A assistência de ar em barra pulverizadora melhora sensivelmente a penetração da pulverização, especialmente em culturas altas e com densidade foliar alta como a cultura da batata, além de reduzir a deriva (KOCH, 1997). Entretanto, esses efeitos não são observados quando pulverizações com assistência de ar são realizadas em solo nu ou sobre plantas em estádios iniciais de desenvolvimento (MATTHEWS, 2000). Ainda segundo este autor, a penetração da pulverização assistida a ar é melhor em cereais quando comparada àquela em culturas de folhas largas como o algodão.

Atualmente, acredita-se que pontas de pulverização com jato plano duplo ou duas pontas de jato plano separadas por um ângulo, normalmente de 60° entre os jatos, propiciam melhor cobertura quando comparada à obtida com pontas de jato plano único. O ângulo de posicionamento dos bicos de pulverização em relação a cortina de ar gerada pelo equipamento (vertical, descendente), bem como dos bicos e cortina de ar simultaneamente, em relação à vertical, podem influenciar significativamente sobre os níveis dos depósitos e na distribuição da pulverização.

Nos pulverizadores de barras dotados de assistência de ar de fabricação nacional, as alterações da angulação dos bicos e cortina de ar, em relação à vertical, a favor ou contrário ao deslocamento do conjunto trator-pulverizador são realizadas de forma simultânea com o comando em cilindro único girando no sentido horário ou anti-horário (RAETANO, 2002). A angulação do jato de pulverização, em relação à vertical, a favor ou contrário ao deslocamento do conjunto trator-pulverizador pode ser obtida por dispositivos fixados à barra com saída dupla para pontas de jato plano comum, por pontas de jato plano duplo ou, ainda, com o uso de pontas de jato plano comum, mas girando-se a barra 30° a favor ou contrário ao deslocamento.

Resultados de pesquisas, conduzidas sob condições controladas e a campo, evidenciam que o posicionamento das pontas de pulverização a 30° a favor do deslocamento em pulverizadores convencionais (sem ar) propicia significativo aumento dos depósitos na superfície foliar de diferentes espécies vegetais: *Cyperus rotundus* (SILVA, 2001), *Brachiaria plantaginea* (TOMAZELA, 2001), especialmente na cultura da soja (BAUER, 2002).

A angulação dos jatos de pulverização combinado ao uso da assistência de ar podem otimizar os níveis dos depósitos da pulverização na superfície abaxial das folhas, principalmente na parte inferior das plantas, proporcionando melhor controle das doenças (SCUDELER, 2005; VENEGAS et al., 2003; RAETANO e MERLIN, 2006).

Na Inglaterra, experimentos conduzidos em túnel de vento com plantas cultivadas em bandeja confirmam que a angulação da pulverização a favor do deslocamento em presença da assistência de ar aumentou a deposição da calda em cereais e reduziu a contaminação do solo (HISLOP et al., 1995). Atualmente, podem-se posicionar os bicos de pulverização e cortina de ar com ângulos de 15° e 30° em relação à vertical em pulverizadores de barras nacional dotados da assistência de ar (RAETANO e MERLIN, 2006).

O uso da angulação do ar a favor do deslocamento com gotas finas pode incrementar substancialmente os níveis de depósitos da pulverização em alvos verticais. Resultados de experimentos divulgados pela Hardi Int. Tech. Report na cultura da batata indicaram que a penetração e retenção da pulverização foram maiores com o uso da assistência de ar posicionada em ângulo a favor do deslocamento nas folhas da parte baixa da planta. Na parte superior o volume de calda retido praticamente não foi influenciado pelo ângulo de saída do ar, a favor ou contrário ao deslocamento do equipamento (TAYLOR & ANDERSEN, 1997).

A interferência da angulação da barra de pulverização, em presença ou não da assistência de ar junto à barra, sobre os níveis de depósito de um marcador cúprico na cultura da batata cv. Ágata foi estudada por Scudeler e Raetano (2004). Um fungicida cúprico (840 g de i.a./kg equivalente a 500 g/kg de cobre metálico) na dosagem de 200 g de p. c. /100 L d'água foi aplicado aos 58 dias, após o plantio, em presença ou não da assistência de ar combinados aos ângulos de aplicação +30° (a favor do deslocamento), 0° (vertical) e -30° (contrário ao deslocamento), com a ponta de pulverização de jato cônico vazio JA-4 (621 kPa) e volume de calda equivalente a 400 L/ha. Os maiores depósitos da pulverização nos folíolos foram constatados com bicos posicionados a 0° e +30°, em presença da assistência de ar, tanto na parte superior quanto na inferior da planta, na superfície adaxial e abaxial. A presença do ar, além de propiciar maiores depósitos na parte inferior das plantas possibilitou maior uniformidade na distribuição dos depósitos na planta.

Passados vinte anos, do uso da assistência de ar em pulverizadores de barras, muitas informações ainda devem ser esclarecidas quando da interação entre volume, velocidade de ar e estágio de desenvolvimento mais adequado às diferentes culturas, angulação dos bicos na barra em relação ao ar, altura de pulverização e velocidade de deslocamento, entre outras características que propiciem maior cobertura da pulverização e menores perdas (RAETANO, 2002).

Os pulverizadores com assistência de ar junto à barra podem ser aqueles com tanque de menor capacidade, acoplados ao sistema hidráulico do trator (3º ponto), de arrasto, ou automotrizes. Estes pulverizadores possuem um ou dois ventiladores, geralmente axial, posicionados próximos à seção central da barra de pulverização, que distribuem volume muito grande de ar em duto inflado montado acima da barra e bicos (MATTHEWS, 2000). A velocidade do ar gerado pode variar com a rotação (rpm) do ventilador e, no geral, não segue uma relação linear. Ao longo da barra também podem ocorrer variações da velocidade do ar nas extremidades em relação à obtida na seção central da barra (RAETANO, 2002).

Raetano & Bauer (2003) avaliaram o efeito da variação de velocidade do ar (50, 75 e 100% da capacidade máxima de rotação do ventilador) em barra de pulverização na deposição da calda na cultura do feijoeiro, cv. Carioca. Aos 48 dias, após a emergência, foram aplicados 200 g/100 L d'água de óxido cuproso com as pontas AXI-110015 à 206,7 kPa e JA-1 à 1.033,5 kPa, em presença ou não da assistência de ar, utilizando-se um pulverizador Modelo Falcon Vortex com velocidade de deslocamento de 6,1 km/h. O volume de calda foi 100 L/ha, em ambas condições operacionais. A variação da velocidade do ar não influenciou os níveis de depósitos na cultura, mas o uso da assistência de ar, operada a plena capacidade do ventilador, resultou em melhores níveis de depósitos na superfície abaxial dos folíolos posicionados na parte baixa das plantas.

A assistência de ar junto à barra de pulverização, com velocidades do ar de 11 e 29 km/h, resultou em melhores níveis de depósitos nos folíolos da parte inferior das plantas de soja, cultivar Conquista, aos 86 dias após a emergência (DAE) e contribuiu para melhor controle da ferrugem asiática com a mistura fungicida piraclostrobina + epoxiconazole (Suspensão Emulsionável) na dosagem de 66,5 + 25 g i.a. ha⁻¹ (PRADO et al., 2010).

A deposição e perdas da calda de pulverização na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), aos 26 dias após a emergência, utilizando-se pulverizadores com assistência de ar junto à barra e convencional (sem ar) foram avaliadas por Raetano & Bauer (2004). Os pulverizadores foram equipados com pontas de pulverização de jato cônico vazio: JA-0,5 (793,5 kPa) e JA-1 (862,5 kPa) e jato plano AXI 110015 (241,5 kPa) para a aplicação de volumes de 60 e 100 L/ha. O maior volume proporcionou maiores depósitos, porém elevadas perdas para o solo (mais de 60%) foram constatadas mesmo com o uso da assistência de ar (velocidade do ar correspondente a 50% da rotação máxima do ventilador). Em parte, tais resultados foram atribuídos aos 40% do solo descoberto pela vegetação nesse estágio de desenvolvimento da cultura.

O volume de ar gerado pelo sistema de assistência de ar, pode variar de 0 – 2000 m³/hora/barra, dependendo do número e potência do ventilador, distribuído em barras com tamanho variável podendo atingir 27 a 30 metros de comprimento. O ar distribuído no duto inflado é forçado a passar por abertura contínua ou intercalada, na direção perpendicular àquela que foi gerado, no sentido descendente (RAETANO, 2002).

Aliado ao volume, velocidade do ar gerado e angulação dos bicos nesses pulverizadores outros fatores como: velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador, presença ou não de cobertura vegetal na área, tipo de cobertura vegetal (monocotiledônea ou dicotiledônea, densidade de plantas, arquitetura e características da cutícula das plantas), posição de insetos-pragas e patógenos na planta, características do produto fitossanitário, tamanho das gotas e condições ambiente, especialmente velocidade de vento, podem influenciar na eficácia do controle fitossanitário (RAETANO, 2002).

O movimento do ar causado pela velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador pode influenciar significativamente na dispersão da pulverização de bicos hidráulicos. Isto torna-se bastante evidente quando aumenta-se a velocidade de deslocamento em áreas planas (MATTHEWS, 2000). Em alguns estados brasileiros a realização de pulverizações com velocidades superiores a 16 km/h tornou-se prática usual entre agricultores, favorecida pelas condições topográficas local.

Após a saída do líquido pelo orifício das pontas de pulverização 50 a 70% da energia originada da sua pressurização é perdida. A energia remanescente está sob forma de movimento e, portanto, denominada de momento (quantidade de movimento). A

redução do momento deve-se principalmente à resistência do ar com queda gradual das gotas no ambiente. Gotas com menor momento estão mais propensas à deriva. Assim, ao mudarem sua trajetória são levadas por corrente de ar ascendente atrás do bico com formação de vórtice. A corrente de ar induzida descendente gera uma queda de pressão ao redor do bico, a qual é restabelecida pelo ar proveniente da frente do bico, decorrente da sua movimentação no sentido do deslocamento do pulverizador (JORGENSEN, 2000).

O fato das gotas menores prolongarem sua trajetória no ar torna-as expostas às correntes aéreas por períodos relativamente longos antes de atingir ou penetrar na vegetação, quando não desviam do alvo. Dessa forma, a deriva de gotas menores (aerotransportadas) não é somente função do seu tamanho e velocidade do vento, mas certamente depende das propriedades aerodinâmicas do bico de pulverização selecionado.

Bauer & Raetano (2000), avaliando o efeito da assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja, em relação ao equipamento convencional (sem ar) com alvos artificiais constataram níveis significativamente menores de deriva (aerotransportada) para o equipamento dotado de ar em diferentes distâncias da barra pulverizadora. Os autores também constataram menor deriva por sedimentação na área externa à cultura com o uso da assistência de ar junto à barra pulverizadora.

Na Holanda testes com o pulverizador assistido a ar TWIN (Hardi) têm sido conduzidos em plantios de batata. No geral, a assistência de ar reduziu a deriva por sedimentação em 50% e a deriva aerotransportada em 75%. Neste país, a porcentagem de deriva por sedimentação aceita está entre 8 – 10% para a distância de 1,5 a 2,0 metros da barra e ao redor de 0,2% entre 5,0 a 6,0 metros. A recomendação para a realização de pulverizações na Holanda é com velocidade de vento inferior a 5,0 m/s. Já para a Alemanha os valores de deriva por sedimentação admitidos nas aplicações dos produtos fitossanitários variam de 0,6 a 0,1%, respectivamente para as distâncias de 5,0 a 30,0 metros da barra pulverizadora (JORGENSEN & WITT, 2000).

Alvos artificiais também foram usados por Morley Research Centre para simular plantas daninhas em beterraba açucareira. As variações nos valores dos depósitos de pulverizações com assistência de ar foram menores em relação aos obtidos com o pulverizador convencional (TAYLOR & ANDERSEN, 1997). Esses autores, também

constatarem a influência da assistência de ar sobre a redução no percentual de deriva em relação a aplicação convencional (sem ar), sendo de 90, 84, 83, 76, 68 e 61%, respectivamente pulverizando-se nas culturas de cevada, feijão, ervilha, couve de Bruxelas, alface e alho-poró com gotas finas.

Gotas finas propiciam maiores depósitos nas plantas, especialmente em monocotiledôneas, porém estão muito suscetíveis à deriva. Sua capacidade de penetração nas culturas é pequena e, portanto, a perda para o solo deveria ser limitada. Dessa forma, a assistência de ar possibilita o uso das gotas finas com maior eficiência, pela redução da deriva e maiores depósitos sobre o alvo, além de possibilitar maior penetração dessas gotas em culturas mais enfolhadas com redução das perdas para o solo (JORGENSEN & WITT, 2000).

Por outro lado, gotas grossas geralmente propiciam bom controle de deriva. Em dicotiledôneas, os depósitos não são apenas dependentes do tamanho das gotas (NORDBO, 1992). Ao contrário do obtido com gotas de menor diâmetro, as gotas grossas proporcionam depósitos significativamente menores em superfícies verticais (monocotiledôneas), e especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento com o aumento da perda para o solo proporcionalmente ao seu tamanho (JORGENSEN & WITT, 2000).

Na ausência de vegetação (solo nu) a assistência de ar pode aumentar a deriva com a deflexão do ar proveniente do pulverizador pelo solo, ao contrário do ocorrido na presença de vegetação com o impacto das gotas na superfície foliar (MATTHEWS, 2000).

A redução da deriva, a maior penetração e uniformidade na distribuição da pulverização, menor dependência do vento ambiente e o aumento dos depósitos, principalmente na superfície abaxial das folhas posicionadas próximo ao solo, constituem vantagens do uso da assistência de ar em barra de pulverização, à medida que melhora a eficácia de controle e reduz a contaminação ambiental.

Assim, a assistência de ar constitui uma ferramenta importante para o aumento dos níveis dos depósitos de pulverização, principalmente na parte inferior das folhas e da planta. Dessa forma, a adoção dessa tecnologia pode favorecer o controle da ferrugem asiática da soja pela infecção se iniciar nas partes mais baixas das plantas, pois a melhoria na cobertura de pulverização da superfície foliar com fungicidas é fundamental para o controle do agente causal da ferrugem asiática da soja, bem como para obtenção de ganho em produtividade.

Apesar de produtos fitossanitários e equipamentos de aplicação estarem prontamente disponíveis, a tecnologia existente deixa a desejar quando o objetivo está voltado ao controle eficaz da ferrugem asiática da soja. Fungicidas sistêmicos aplicados com pulverizadores assistidos a ar, não tem sido suficiente para obtenção da quantidade mínima necessária do produto para conter o avanço da doença na parte inferior da planta. Em parte, isso se deve à incapacidade de translocação descendente dos fungicidas triazóis e estrobilurinas, exigindo modificações na tecnologia de aplicação como forma de garantir a colocação do produto nas partes mais baixas da planta.

Após a seleção da tecnologia de aplicação, da ponta de pulverização, regulagem e calibração do equipamento e escolha do produto químico para o tratamento fitossanitário, o momento da aplicação deve ser estabelecido em função da pressão do inóculo (infestação e severidade da doença), condição climática e logística de aplicação (tamanho da área e número de máquinas).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Medições da velocidade do ar

Antes da construção e instalação da barra com assistência de ar de dupla saída, visando avaliar a dinâmica do ar que sai do sistema, bem como definir a melhor metodologia para tal procedimento, foram realizadas medições da velocidade do ar em barra com assistência de ar de saída única, nas distâncias de 0; 0,25 e 0,50 m da saída.

A medição da velocidade do ar foi realizada em pulverizador tracionado de fabricação nacional marca Jacto, modelo Advance-Vortex 2000, acionado por um trator com potência de 77,2 kW (105 cv). Para medir a velocidade do ar foi utilizado um Termo-anemômetro digital (ITTAD 500) adquirido para esta finalidade. As medições foram realizadas na Faculdade de Ciências Agronômicas, FCA/UNESP – Campus de Botucatu.

Para realizar as medições de velocidade do ar, o conjunto trator-pulverizador foi posto em local ao abrigo do vento, para evitar a interferência deste fator nas medições. As barras do pulverizador foram abertas e acionou-se o ventilador do sistema de assistência de ar, na sua capacidade máxima de rotação. O delineamento utilizado nas medições da velocidade do ar foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 9 x 3, sendo nove pontos ao longo da barra pulverizadora (Figura 1), e em três distâncias pré-definidas, de 0; 0,25 e 0,50 m em relação a saída de ar, com quatro repetições. Os dados obtidos foram anotados em uma planilha, e passados posteriormente para o computador para análise.

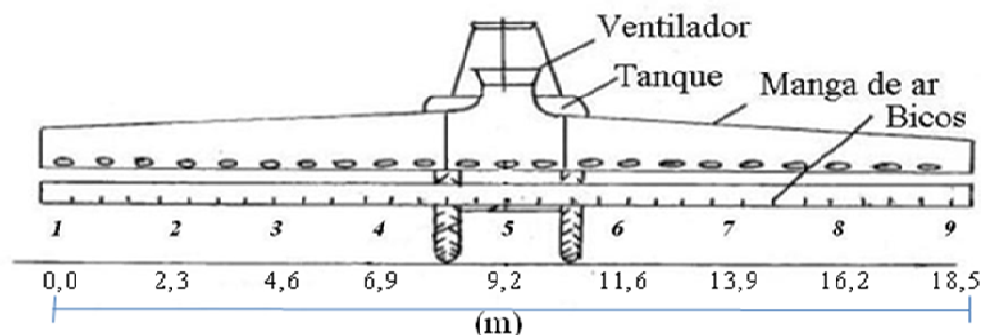


Figura 1. Vista posterior do conjunto trator+pulverizador com indicação dos 9 pontos de medição preliminar da velocidade do ar.

A primeira avaliação foi realizada com a utilização de um gabarito de madeira (régua), com marcação das distâncias pré-definidas para medição. A “régua” foi colocada na saída da cortina de ar, na posição vertical, no sentido do vetor do fluxo de ar, e as medições realizadas com o anemômetro nas distâncias pré-estabelecidas. A essa medição atribuiu-se a denominação de “método da régua”.

Neste método observou-se uma grande dificuldade em determinar o vetor principal do fluxo de ar, que sai de maneira contínua pela abertura retangular na parte inferior da manga inflada, o que dificultou a medição precisa da velocidade do ar. Desta forma, foram realizadas novas medições da velocidade do ar, utilizando um fio de “nylon” fixado na saída do ar para indicar o vetor de deslocamento do fluxo de ar, em substituição à régua conforme indicado na Figura 2.

O fio de “nylon” foi escolhido para esta finalidade pela sua característica de resistência e flexibilidade, características estas, que permitem uma boa identificação do fluxo principal de ar, sem que o fio sofra excessivas deformações provocadas pelo ar, que sai sob alta velocidade da manga inflada na barra pulverizadora.



Figura 2. Detalhe da utilização do “método do fio” para medição da velocidade do ar.

Desta maneira, facilita-se sobremaneira a identificação do fluxo principal de ar e aumenta a precisão e uniformidade dos valores de velocidade obtidos com o anemômetro. De maneira semelhante à régua, no fio de “nylon” foram marcadas as distâncias pré-definidas para medição, de maneira que as medições fossem realizadas com maior facilidade e precisão. Este procedimento foi denominado de “método do fio”.

5.2 Construção e instalação da barra com assistência de ar de dupla saída

O projeto da barra de pulverização com dupla saída de ar, foi feito para meia barra, possibilitando assim, a instalação em apenas um dos lados do equipamento disponível (Pulverizador marca Jacto, modelo Advance Vortex 2000), de maneira que o pulverizador equipado com os dois sistemas ficou com a seguinte configuração: barra de pulverização esquerda composta pela manga de ar de única saída (original de fábrica), e a barra de pulverização do lado direito do pulverizador substituída pela barra com o sistema de assistência de ar de dupla saída, desenvolvido para este estudo.

O projeto foi desenvolvido pela empresa Cisco Eletro Mecânica Ltda, sendo que a construção foi realizada pela empresa Máquinas Agrícolas Jacto SA, originando uma barra com as seguintes características: Barra de pulverização úmida, com 19 bicos de pulverização do tipo “bijet” e dispositivo anti-gotejo, espaçados de 0,50 m, totalizando 9,0

metros, subdividida em três seções, com saída dupla de ar, sendo estas formadas por duas calhas longitudinais à barra e separadas por ângulo de 65 graus conforme indica a Figura 3a.

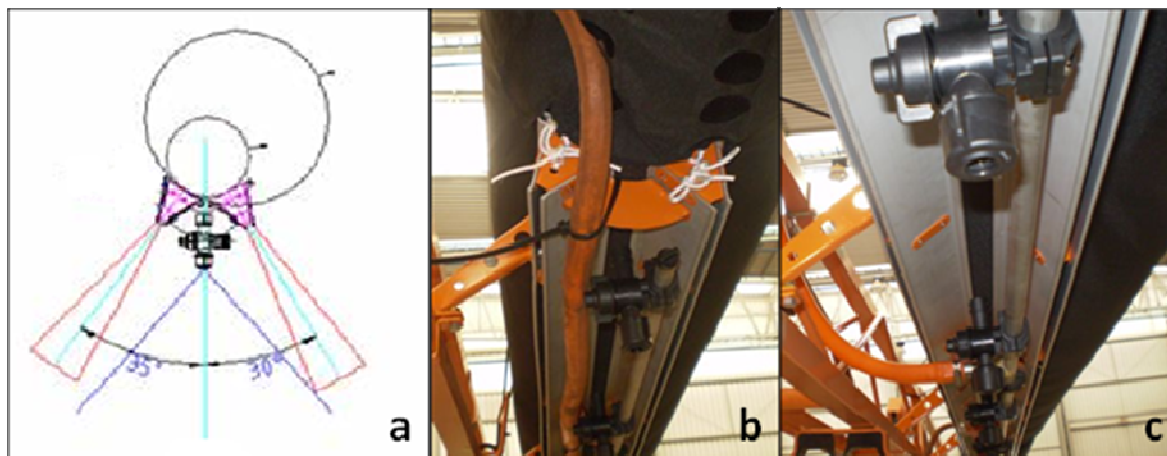


Figura 3. Detalhe do projeto da barra de pulverização com assistência de ar de dupla saída (a) e detalhe da após construção e instalação no equipamento utilizado para aplicação (b) e (c).

Na barra de pulverização de única saída a abertura entre as calhas que formam e direcionam a cortina de ar, é de 0,04 m, enquanto o sistema de dupla saída é formado por duas saídas com 0,02 m de largura como pode ser observado na Figura 3b. Esta medida foi tomada para que não houvesse necessidade de alteração no tamanho ou potência exigida pelo ventilador que produz o fluxo de ar para o sistema, bem como para permitir a instalação e funcionamento simultâneo da barra com assistência de ar de dupla saída com a barra de pulverização de saída única, sem comprometer o funcionamento desta.

O projeto da barra de pulverização com assistência de ar de dupla saída foi feito de maneira que o ramal de bicos e consequentemente o jato do bico de pulverização ficasse entre as duas cortinas de ar formadas pelo sistema. Pelas Figuras 3b e 3c, podem-se verificar detalhes do equipamento após a sua instalação no pulverizador.

5.3 Estudo comparativo da dinâmica do ar em sistema de saídas única e dupla de ar

Nas medições finais da velocidade de ar, para comparação dos sistemas, foram adotadas as distâncias de 0; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m da saída do ar, para identificar melhor a perda de velocidade do ar nestas distâncias, conforme constatado nas

medições preliminares. Também foram realizadas medições mais próximas uma da outra ao longo da barra, iniciando a 0,6 metros de distância do centro do equipamento, a intervalos de 0,6 metros para ambos os lados (barra do lado esquerdo e barra do lado direito), totalizando 15 pontos de medição em cada barra.

Para as medições finais o pulverizador foi colocado em um local ao abrigo do vento, para que não houvesse interferências e realizaram-se as leituras da velocidade do ar com a utilização de um anemômetro, fazendo a leitura instantânea da velocidade do ar, após estabilizar, tanto na barra com assistência de ar de saída única, quanto na barra com assistência de ar de dupla saída. Na barra com dupla saída de ar foram realizadas medições da velocidade do ar no fluxo de ar frontal aos bicos, bem como no fluxo de ar posterior aos bicos, tomando-se como referência o sentido de deslocamento do conjunto trator - pulverizador. As medições foram realizadas com três repetições, das quais se obteve os valores médios da velocidade do ar em cada ponto e distância considerados.

5.4 Análise da deposição da calda de pulverização

Para análise do depósito da pulverização foi instalado um experimento em campo, na área experimental da fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP) da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, Gleba Cascalheira, na cultura da soja, variedade Conquista, na safra de 2008/09. A área está situada a uma altitude de 724 metros, com as seguintes coordenadas geográficas 22°48'59,7" de latitude Sul e 48°25'38,2" de longitude Oeste, com vento predominante na direção Leste para Oeste.

A seleção da variedade Conquista se deveu à arquitetura da planta com folhas maiores, ciclo de desenvolvimento mais prolongado e porte da planta maior, proporcionando assim um microclima favorável ao desenvolvimento da ferrugem asiática da soja.

A semeadura da soja na safra agrícola de 2008/09 foi realizada no dia 18/11/2008 com espaçamento de 0,45 m entre linhas de plantio e conduzida no sistema de semeadura direta. A colheita foi realizada em 24/04/2009. O experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso com 3 tratamentos (aplicação com assistência de ar de única

saída; com assistência de ar de dupla saída, e aplicação convencional - sem assistência de ar), em oito repetições, totalizando 24 parcelas.

Em função do surgimento da ferrugem asiática da soja, próximo a área experimental antes da planta atingir um porte ideal para avaliação da deposição da calda de pulverização, foi feita uma aplicação preventiva em toda a área, aos 68 dias após a semeadura (DAS), com a mistura fungicida azoxistrobina + ciproconazole na dosagem de 200 + 80 g i.a/L, e feitas as avaliações semanais com início 10 dias após a aplicação preventiva, ou seja, aos 78 DAS.

No estágio de desenvolvimento R 2 (90 DAS), foi realizada uma pulverização com substância marcadora na concentração de 250 g/100 L de um produto cúprico na forma de oxicloreto de cobre, utilizando-se um pulverizador Advance Vortex 2000 com barras de 18,5 m de comprimento, equipadas com 37 pontas de pulverização de jato plano, XR 8002, operando à pressão de 256,84 kPa para a aplicação de 150 L/ha. A velocidade de deslocamento do conjunto trator+pulverizador foi de 5 km/h. A escolha da ponta de jato plano XR 8002 se deve ao diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas da pulverização (125 µm) ser compatível com o uso dessa tecnologia e ao volume de calda obtido na respectiva condição operacional (SPRAYING SYSTEMS CO., 1999).

Durante a aplicação da substância marcadora as condições meteorológicas foram as seguintes: umidade relativa do ar entre 53,8 a 69,3%, temperatura 28,9 a 30,2°C e velocidade de vento entre 2,3 a 5,1 km/h, no período de 09h30min às 11h00.

As unidades experimentais (parcela) tiveram dimensões de 8,0 x 10,0 m (largura x comprimento). De cada parcela foram selecionadas, ao acaso, dez plantas para a amostragem dos depósitos da pulverização.

Nas avaliações dos depósitos da pulverização optou-se pelo uso de alvos artificiais pela necessidade de quantificar o volume depositado nas superfícies abaxial e adaxial dos folíolos, pois em alvos naturais a remoção dos depósitos seria pela lavagem, o que dificultaria a obtenção de resultados individualizados dos depósitos nas respectivas superfícies foliares. Partindo dessa premissa, foram utilizados alvos artificiais (papel-filtro com dimensão de 3 x 3 cm) distribuídos em 10 plantas por parcela, sob a barra de pulverização no sentido perpendicular ao deslocamento do equipamento. Em cada uma das 10 plantas amostradas foram fixados quatro coletores, um na superfície adaxial e outro na superfície abaxial de um

mesmo folíolo nas partes superior (folhas visíveis) e inferior (folhas verdes do baixeiro) da planta (Figura 4).



Figura 4. Alvo artificial (papel-filtro) para avaliação dos depósitos da pulverização.

Para a avaliação das perdas da pulverização por deriva, foi colocada para cada parcela, uma placa de Petri de 0,085 m de diâmetro, a 0,20 m de altura do solo, posicionadas no carreador, fora do dossel da cultura. As placas foram posicionadas a 0,20 m de altura da superfície do solo para possibilitar a obtenção de amostras nas placas livres de partículas do solo para os tratamentos com assistência de ar junto à barra de pulverização.

Após o término da aplicação do marcador, foi retirada uma amostra da calda de pulverização e os alvos artificiais foram retirados das folhas e colocados em vidros contendo 20 mL de solução extratora de ácido nítrico a 1,0 Mol/L e, após 15 minutos de agitação em uma velocidade de 220 rpm, seguidos por 24 horas de descanso, as soluções de lavagem foram levadas ao espectrofotômetro de absorção atômica, para quantificação do íon cobre (Cu^{2+}), conforme método utilizado por Chaim et al., (1999) e Venegas et al., (2003). As placas de Petri distribuídas fora da cultura foram também lavadas com a mesma quantidade da solução extratora e o mesmo procedimento foi realizado para a quantificação do marcador.

Os dados dos depósitos da substância marcadora, expressos em $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ foram analisados separadamente para as superfícies abaxial e adaxial nas diferentes partes da planta (superior e inferior). Os dados foram submetidos à análise de variância e médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.5 Controle da ferrugem

A eficiência dos sistemas de aplicação com assistência de ar, assistência de ar com saída dupla e aplicação convencional (sem assistência de ar) sobre o desenvolvimento da ferrugem asiática da soja (*P. pachyrhizi*) foi avaliada na mesma área onde foi realizado o experimento de deposição da calda, num mesmo delineamento de blocos ao acaso com 3 tratamentos (aplicação com assistência de ar de única saída; com assistência de ar de dupla saída, e aplicação convencional - sem assistência de ar), em oito repetições, mais a testemunha, onde não foi feita aplicação dos produtos fitossanitários.

A aplicação foi realizada com as mesmas regulagens da aplicação do marcador cúprico, procurando manter as mesmas condições para permitir o confronto dos dados de deposição da calda obtidos, com o controle da ferrugem asiática da soja.

Para acompanhar a evolução da doença, foram realizadas avaliações semanais a partir dos 78 DAS do nível de infestação e severidade da doença, utilizando escala diagramática de Godoy et al. (2006 a) expressa em porcentagem de área lesionada pela doença, conforme apresentado na Figura 5. Dentro de cada parcela foram selecionados quinze folíolos da parte inferior das plantas, para avaliação.

Dos dados obtidos em cada avaliação, considerou-se a moda como o valor de referência de severidade, bem como, observados os valores mínimos e máximos em cada avaliação.

As aplicações de fungicida foram realizadas nos dias 18/02/2009, e 10/03/2009, aos 90 DAS e 110 DAS respectivamente, utilizando a mistura fungicida azoxistrobina + ciproconazole na dosagem de 200 + 80 g i.a/L sendo as avaliações da severidade estendidas até 27/03/2009 (127 DAS).

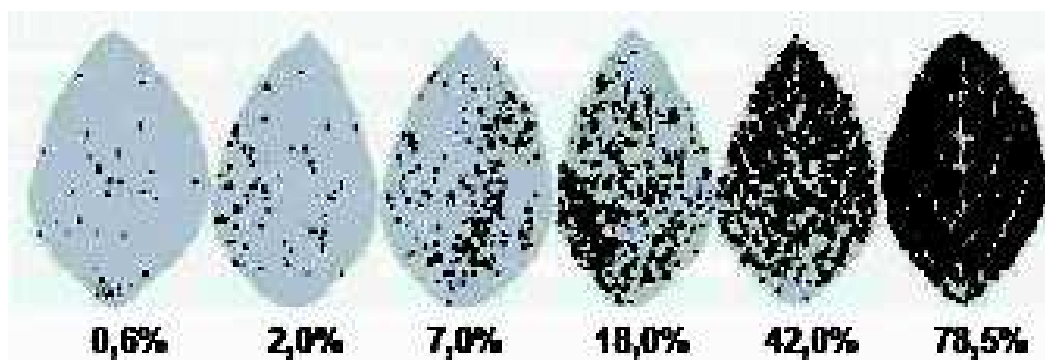


Figura 5. Escala diagramática visual da ferrugem asiática da soja (porcentagem de área foliar lesionada) proposta por Godoy et al. (2006).

Para avaliação do efeito das tecnologias no controle da ferrugem asiática sobre a produtividade da soja, foi realizada a colheita dentro de cada parcela, sendo colhidas três linhas com oito metros de comprimento, com o auxílio de uma colhedora de parcelas. Após a colheita, fez-se a correção da umidade dos grãos para 13% (b.u.), os quais foram pesados e os valores estipulados em kg ha^{-1} .

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Medições da velocidade do ar

Nas medições iniciais, observou-se uma grande dificuldade para medir corretamente a velocidade do ar com o método da régua, devido ao comportamento dinâmico do fluxo de ar. Verificou-se a dificuldade de identificar com precisão o vetor do fluxo de ar que sai sob alta velocidade do sistema, principalmente nas distâncias de 0,25 e 0,50 m, o que provoca uma grande variação nos dados de velocidade obtidos com o método da régua, conforme observado na Tabela 2.

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados de velocidade do ar obtidos ao longo da barra de pulverização com diferentes métodos de avaliação.

Método de medição com régua							
Distância (m)	Média*	Desv. P.	Variância	CV %	Mín*	Máx*	Amplitude*
0	70,14	10,00	100,05	14,26	53,40	97,20	43,80
0,25	41,71	5,70	32,55	13,68	31,20	54,00	22,80
0,50	29,49	8,20	67,27	27,81	20,50	51,80	31,30
Método de medição com fio de nylon							
0	71,57	10,09	101,83	14,10	59,50	93,60	34,10
0,25	43,64	4,04	16,33	9,26	36,60	51,00	14,40
0,50	35,26	3,53	12,47	10,01	28,80	41,90	13,10

*valores expressos em km h^{-1} .

Os valores de velocidade do ar obtidos com o método do fio apresentam maior uniformidade em relação aos obtidos com o método da régua, principalmente nas distâncias de 0,25 e 0,50 m da saída de ar. Isto pode ser observado pelos valores do coeficiente de variação (%) dos dados, que foram menores com o método do fio (Tabela 2).

Pela Tabela 2, verifica-se que os valores médios da velocidade do ar obtidos com o “método do fio” foram maiores, devido provavelmente a correta identificação do fluxo principal (vetor) do ar quando mensurado por este método. Assim, a medição da velocidade do ar torna-se mais precisa e mais fácil, principalmente nas distâncias maiores em relação à saída do ar na barra de pulverização.

Em relação à velocidade do ar nos diferentes pontos ao longo da barra de pulverização, verificou-se uma grande desuniformidade, independente do método utilizado, como pode ser visualizado na Figura 6, concordando com resultados obtidos por Raetano (2002).

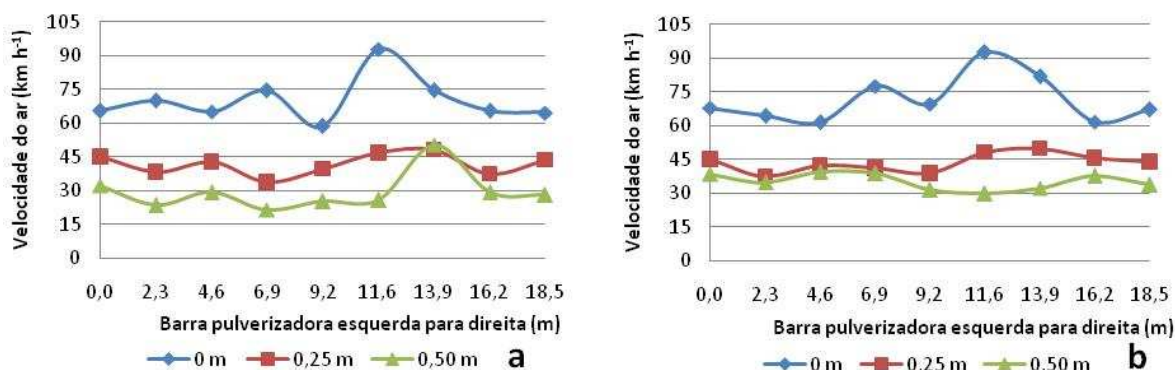


Figura 6. Velocidade média do ar com o método da régua (a) e com o método do fio (b), ao longo da barra de pulverização (da esquerda para direita / vista traseira do equipamento).

A velocidade do ar próxima a saída (0 m) apresenta as maiores variações ao longo da barra de pulverização, sendo este efeito menor nas distâncias de 0,25 e 0,50 m (Figura 6).

A alta velocidade do ar próximo à saída (0 m), diminui consideravelmente já a 0,25 m da saída de ar, como pode ser visto na Figuras 6a e 6b. Já a 0,50 m da saída, a velocidade média do ar é de apenas 50% daquela medida próxima à saída

do ar. Assim, o ar que atinge as plantas durante a pulverização possui, em média, apenas metade da velocidade medida na saída do sistema, uma vez que, comumente, a altura de pulverização é de aproximadamente 0,50 m do alvo.

Com as informações obtidas nas medições iniciais de velocidade do ar, no sistema de saída única, definiu-se o método do fio como sendo o mais eficiente para realizar as medições. Observou-se também, a necessidade de aumentar o número de pontos de medição ao longo da barra, bem como a realização das medições em intervalos menores de distancia em relação à saída do ar. Estas alterações foram realizadas para as medições finais de velocidade do ar.

6.2 Dinâmica do ar em sistema de saídas única e dupla de ar

As medições para avaliação da dinâmica do ar foram realizadas somente com a rotação máxima do ventilador (capacidade máxima de geração de ar pelo sistema). Esta medida foi necessária, pois a manga de ar da barra de pulverização com saída dupla não permanecia totalmente inflada em rotações menores. Com isso, em alguns pontos ao longo da barra praticamente não se formava a cortina de ar, ou esta era praticamente inexistente, o que inviabilizava a utilização deste sistema com velocidades menores do ventilador.

Se o equipamento fosse utilizado com uma rotação que não permitisse a formação do fluxo de ar em toda a extensão da barra, os efeitos da assistência de ar na barra pulverizadora ficariam restritos aos pontos onde a cortina de ar fosse formada, enquanto que em determinados pontos o efeito da assistência de ar seria inexistente.

Os resultados das medições da velocidade do ar nos dois sistemas são apresentados na Tabela 3. Conforme pode ser observado, a velocidade média do ar decresce rapidamente com o aumento da distância em relação ao ponto de saída do ar, onde na distância de 0,30 m, a velocidade já apresenta uma redução de 50% em relação à velocidade inicial, sendo isto observado independentemente do sistema ser de única ou dupla saída de ar.

Tabela 3. Estatística descritiva dos dados de velocidade do ar obtidos com o método do fio para a barra de pulverização de saídas única e dupla de ar.

Assistência de ar de saída única							
Distância (m)	Média*	Desv. P.	Variância	CV %	Mín*	Máx*	Amplitude*
0	67,90	6,82	46,55	10,05	52,53	80,00	27,47
0,10	57,96	6,36	40,43	10,97	49,00	69,20	20,20
0,20	43,84	7,81	60,97	17,81	32,77	63,93	31,17
0,30	36,73	4,96	24,65	13,52	30,13	47,60	17,47
0,40	32,44	4,87	23,71	15,01	23,53	43,90	20,37
0,50	30,37	6,22	38,70	20,48	21,40	43,67	22,27
Assistência de ar de dupla saída - fluxo frontal							
0	54,61	8,05	64,79	14,74	39,30	66,77	27,47
0,10	46,33	9,83	96,69	21,22	31,30	60,83	29,53
0,20	36,00	10,84	117,58	30,12	17,10	52,03	34,93
0,30	27,43	7,81	61,01	28,47	11,17	38,47	27,30
0,40	20,93	5,34	28,48	25,50	13,70	29,70	16,00
0,50	16,40	3,68	13,56	22,45	10,60	23,90	13,30
Assistência de ar de dupla saída - fluxo posterior							
0	54,44	7,65	58,46	14,05	42,00	70,67	28,67
0,10	44,02	5,36	28,72	12,17	36,57	53,70	17,13
0,20	32,87	5,25	27,51	15,96	24,63	41,70	17,07
0,30	24,98	7,05	49,71	28,23	12,93	37,20	24,27
0,40	19,42	6,03	36,35	31,04	6,40	31,73	25,33
0,50	17,83	5,31	28,16	29,77	12,67	32,97	20,30

*valores expressos em km h^{-1} .

Pela Tabela 3, pode-se observar também que a velocidade do ar no sistema de única saída foi sempre maior que no sistema de dupla saída, da mesma maneira que a uniformidade dos valores obtidos nas medições, o que pode ser observado comparando-se os coeficientes de variação dos dados, nos dois sistemas. Isso pode ocorrer pelo fato de no sistema com assistência de ar de saída dupla, a calha que direciona e forma o fluxo de ar possuir uma abertura 50% menor em relação ao sistema com única saída. Desta forma, o fluxo de ar perde velocidade mais rapidamente, e apresenta mais variação ao longo da barra.

Pode-se verificar ainda que, no sistema com assistência de ar de saída dupla, os valores médios de velocidade do ar a 0,50 m são menores que aqueles observados no sistema de saída única, o que pode prejudicar o efeito de movimentação das gotas no dossel da cultura pela cortina de ar quando a aplicação for realizada a 0,50 m de altura do ápice das plantas, como comumente é realizada (Tabela 3).

Observando as Figuras 7 e 8, nota-se que a velocidade do ar ao longo da barra é pouco uniforme, conforme já havia sido constatado nas medições iniciais, e por Raetano (2002). Essa desuniformidade é ainda maior na barra com assistência de ar de dupla saída, (barra do lado direito), possivelmente devido à menor velocidade do ar já na saída do sistema.

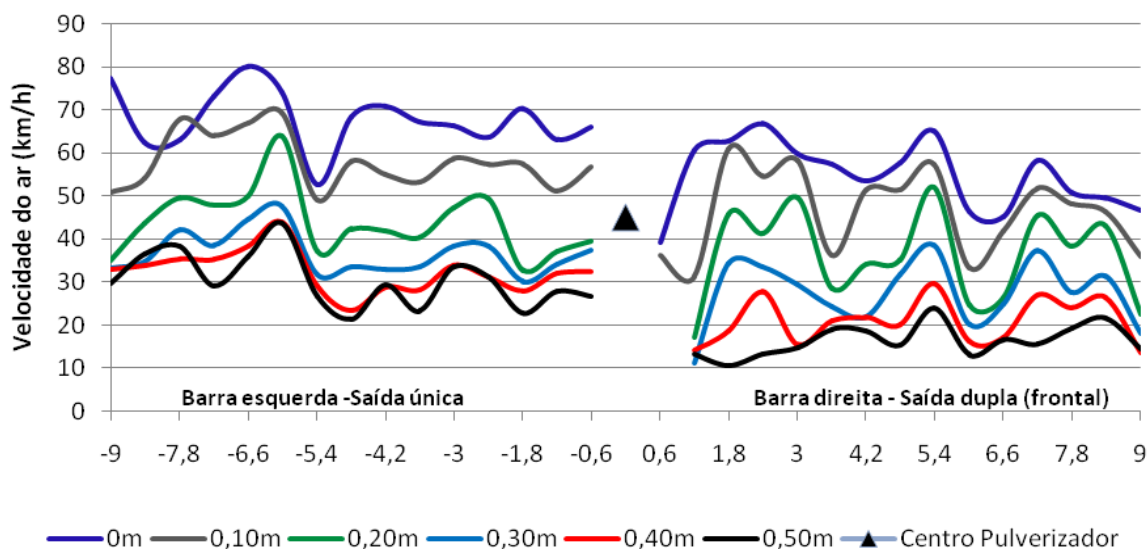


Figura 7. Velocidade média do ar ao longo da barra de pulverização. Barra do lado esquerdo - saída única; e barra do lado direito - saída dupla (cortina de ar frontal).

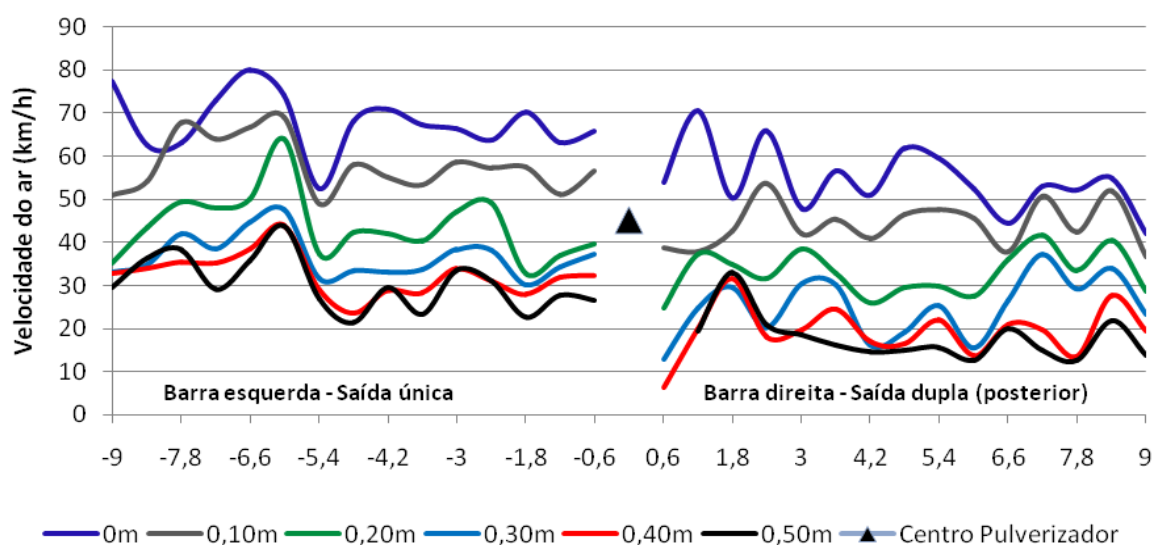


Figura 8. Velocidade média do ar ao longo da barra de pulverização. Barra do lado esquerdo - saída única; e barra do lado direito - saída dupla (cortina de ar posterior).

Pelas Figuras 7 e 8, também pode-se constatar que ao longo da barra existem alguns pontos onde a velocidade do ar atinge valores bem menores que a média, perceptíveis principalmente nas distâncias mais próximas da saída do ar (0; 0,10, e 0,20 m). Esses pontos, chamados de pontos cegos ou “sombras”, ocorrem pela presença de algum obstáculo físico dentro da canaleta que forma a cortina de ar, como a estrutura que mantém uniforme a abertura da canaleta (Figura 9a), ou ainda nos pontos que separam as seções da barra, como indicado na Figura 9b.

A ocorrência deste fato está relacionada com a dinâmica da distribuição do ar nas mangas a serem infladas, pois fluxo de ar produzido pelo ventilador possui um deslocamento do centro do equipamento, onde está localizado o ventilador, para as extremidades da barra, e no momento em que este encontra algum obstáculo na canaleta, cria-se logo após, um ponto onde o ar é forçado para a saída com menos velocidade, resultando nos pontos de baixa velocidade do ar ao longo da barra. Estes pontos são os principais responsáveis pela grande desuniformidade na velocidade da cortina de ar ao longo da barra.



Figura 9. Indicação dos obstáculos físicos que provocam os pontos cegos ou “sombras” na saída do ar.

Da mesma maneira que ocorrem os pontos onde a velocidade do ar é muito baixa, também se percebe nas Figuras 7 e 8, alguns pontos onde a velocidade do ar atinge valores muito elevados, que ocorrem sempre após um ponto cego ou “sombra”. Isto

ocorre porque logo depois do ponto onde há um obstáculo, o fluxo de ar encontra novamente o caminho livre, e provoca os pontos onde a velocidade do ar é mais elevada.

6.3 Análise da deposição da calda de pulverização

Os valores dos depósitos, expressos em volume de calda capturado em diferentes posições da planta de soja são apresentados nas Tabelas 4 e 5. Como pode ser verificado na Tabela 4, os níveis de depósitos na parte superior da planta, não diferiram entre os tratamentos para a superfície abaxial das folhas. Já na superfície adaxial houve diferença significativa, com o tratamento sem assistência de ar apresentando os maiores índices de depósitos. Isto pode ocorrer, pois sem a assistência de ar, os folíolos das plantas de soja não se movimentam durante a aplicação, e a parte superior da planta intercepta a maior parte das gotas produzidas pela ponta de pulverização, mais especificamente na superfície adaxial das folhas, fato também constatado por Prado et al. (2010) ao comparar a deposição da calda sob quatro velocidades da assistência de ar junto à barra de pulverização na cultura da soja.

Tabela 4. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) do marcador cúprico em alvo artificial (papel filtro) nas superfícies abaxial e adaxial dos folíolos, da parte superior das plantas de soja, var. Conquista. Botucatu-SP, 2008/2009.

Tratamento	Abaxial		Adaxial	
Saída Única	0,5894	a A	0,6717	b A
Dupla Saída	0,4989	a B	0,8320	b A
Sem Ar	0,4925	a B	1,6346	a A
DMS Trat.= 0,2681	DMS Superfície = 0,2226		CV% = 28,05	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Se comparados os níveis de depósitos entre as diferentes superfícies dos folíolos para o mesmo tratamento, verifica-se, também na Tabela 4 que houve diferença nos tratamentos com assistência de ar de dupla saída e no tratamento sem assistência de ar, nos quais os valores médios de depósitos da pulverização foram maiores na superfície adaxial dos folíolos. O tratamento com assistência de ar de única saída, não apresentou diferença significativa nos depósitos, para as diferentes superfícies foliares.

Na Tabela 5, observa-se que na parte inferior das plantas, os tratamentos não apresentaram diferença significativa nos níveis de depósitos, tanto na superfície abaxial quanto na superfície adaxial dos folíolos, discordando dos resultados obtidos por Ozkan (2005) que observou maiores depósitos da calda na parte inferior das plantas quando tratadas com o equipamento dotado de assistência de ar junto à barra pulverizadora, utilizando um volume de calda de 140 L ha⁻¹. Bauer & Raetano (2000), também verificaram aumento na penetração da calda no dossel, em cultura de soja, quando a assistência de ar foi utilizada com toda a potência disponível.

Tabela 5. Média dos depósitos da pulverização ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) do marcador cúprico em alvo artificial (papel filtro) nas superfícies abaxial e adaxial dos folíolos, da parte inferior das plantas de soja, var. Conquista. Botucatu-SP, 2008/2009.

Tratamento	Abaxial		Adaxial	
Saída Única	0,4685	a B	0,6692	a A
Dupla Saída	0,4590	a A	0,5330	a A
Sem Ar	0,5316	a B	0,7264	a A

DMS Trat.= 0,1951 DMS Superfície = 0,1620 CV% = 28,44

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferença apenas entre os níveis de depósitos na superfície abaxial e adaxial, para os tratamentos com assistência de ar de única saída e para o tratamento sem assistência de ar, sendo que em ambos os depósitos foram maiores na superfície adaxial dos folíolos. Para o tratamento com assistência de ar de dupla saída, não houve diferença entre os depósitos da pulverização.

Em relação à deriva por sedimentação durante a aplicação do marcador cúprico, não foi observada diferença estatística entre os tratamentos avaliados, conforme pode ser observado na Tabela 6, corroborando com os resultados obtidos por Christovam et al. (2010), que não verificaram influência da assistência de ar sobre os níveis de depósitos para os coletores colocados fora do dossel da cultura da soja. Bauer e Raetano (2000), no entanto, verificaram uma diminuição significativa das perdas por deriva na cultura da soja, utilizando a assistência de ar na barra pulverizadora.

Tabela 6. Deposição do marcador cúprico nas Placas de Petri ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$), colocadas fora das parcelas experimentais, a 0,20 m de altura do solo, para determinação da deriva.

Tratamento	Deposição
Saída Única	0,3686 a
Dupla Saída	0,3542 a
Sem Ar	0,3153 a
DMS = 0,1448	CV% = 33,19

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.4 Controle da ferrugem da soja

Os resultados da avaliação da severidade da ferrugem asiática da soja nos diferentes tratamentos podem ser observados na Tabela 7. A severidade da ferrugem asiática foi alta na testemunha, onde, aos 106 DAS já se observava uma severidade de 78,5%, enquanto os tratamentos onde houve aplicação do produto, a severidade manteve-se em níveis bem inferiores, atingindo 2%; 0,6%; e 2% para os tratamentos com Saída Única, Dupla Saída de ar, e sem assistência de ar, respectivamente.

Tabela 7. Severidade da ferrugem asiática da soja com índice de severidade observado com mais frequência (Sev.%), menor valor observado (Mín) e maior valor observado (Máx) nas avaliações semanais, na parte inferior das plantas de soja, var. Conquista. Botucatu-SP, 2008/2009.

Avaliação	Testemunha			Saída Única			Dupla Saída			Sem Ar		
	Sev.(%)	Mín	Máx	Sev.(%)	Mín	Máx	Sev.(%)	Mín	Máx	Sev.(%)	Mín	Máx
06-fev-09	0	0	2	0	0	0,6	0	0	0,6	0	0	2
12-fev-09	0	0	2	0	0	7	0	0	7	0	0	7
18-fev-09	0,6	0	42	0,6	0	18	0,6	0	18	0,6	0	42
27-fev-09	18	0,6	42	0,6	0,6	18	0,6	0	18	0,6	0	42
06-mar-09	78,5	78,5	78,5	2	0,6	42	0,6	0,6	18	2	0,6	78,5
13-mar-09	78,5	78,5	78,5	7	0,6	42	7	0,6	42	18	2	78,5
19-mar-09	78,5	78,5	78,5	7	0,6	78,5	7	0,6	42	18	2	78,5
27-mar-09	78,5	78,5	78,5	18	2	78,5	18	2	78,5	42	2	78,5

Pela Tabela 7, pode-se observar ainda que no final das avaliações os tratamentos com assistência de ar de saída única e de dupla saída apresentaram valores de severidade de 18%, enquanto que o tratamento sem assistência de ar apresentou 42% de

severidade, o que não influenciou na produtividade da soja nestes tratamentos, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8. Produtividade da soja (kg ha^{-1}) variedade Conquista. Botucatu-SP, safra 2008/2009.

Tratamento	Produtividade (kg ha^{-1})
Saída Única	2231,8 a
Dupla Saída	2236,4 a
Sem Ar	2377,0 a
Testemunha	1918,6 b

CV = 7,53 %

DMS = 216,7

Médias seguidas de mesma letra não diferem a Tukey com 5% de probabilidade.

Como pode ser observado na Tabela 8, todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida obtiveram uma produtividade significativamente maior, quando comparados com a testemunha, concordando com os resultados obtidos por Raetano e Merlin (2006) e Christovam et al. (2010).

A produtividade média dos tratamentos que receberam aplicação de fungicida para o controle da ferrugem foi 20% superior ao tratamento testemunha, onde não houve aplicação para o controle da doença. Estes valores de produtividade foram semelhantes aos encontrados por Christovam et al. (2010), e Prado et al. (2010).

Nos tratamentos onde houve aplicação para o controle da ferrugem, a produtividade foi semelhante, independente da forma de aplicação, discordando dos resultados obtidos por Prado et al. (2010); que obtiveram produtividade maior com o uso da assistência de ar, em comparação a aplicação sem o uso desta tecnologia.

7 CONCLUSÕES

Baseado nas condições experimentais em que o estudo foi desenvolvido e nas análises dos resultados, conclui-se:

O método de medição utilizando o fio de “nylon” mostrou-se mais prático e preciso para determinação da velocidade do ar, principalmente em distâncias maiores em relação à saída de ar do sistema, permitindo rápida identificação da direção do fluxo de ar;

O sistema com saída dupla de ar apresentou maior desuniformidade na velocidade do ar ao longo da barra de pulverização, se comparado ao sistema de saída única;

A velocidade média do ar diminui em torno de 50% até atingir a distancia de 0,50 m da saída de ar do sistema, para os dois sistemas estudados neste trabalho, sendo a velocidade do ar no sistema com assistência de ar de dupla saída sempre menor em comparação ao sistema de única saída, para todas as distancias avaliadas;

No geral, não houve influencia dos sistemas de saídas única ou dupla de ar junto à barra de pulverização sobre os depósitos em plantas de soja, tampouco sobre a produtividade da soja, Variedade Conquista.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. Safra 2008-2009 - **Tendências e desafios - Defensivos agrícolas**. ANDEF, 2008.

ANTUNIASSI, U. R. Controle de invasoras. **Soja: Caderno técnico** Cultivar, n.66, p. 7-10, 2004.

ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T.V., BONELLI, M.A.P.O., ROMAGNOLE, E.W.C. Avaliação da cobertura de folhas em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, Botucatu, 2004,. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p.48-51. 1 CD-ROM. 2004.

ANTUNIASSI, U. R.; BONELLI, A.P.O.; CAMARGO, T.V.; SIQUERI, F.V. Desempenho de sistemas de aplicação terrestre para controle de ferrugem da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 217-218.

ANTUNIASSI, U. R. Inovações tecnológicas para aplicação de defensivos agrícolas. **In: Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Bayer CropScience. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. 146 p. (Atualidades Técnicas; 2).

BAUER, F. C. **Distribuição e deposição da pulverização sob diferentes condições operacionais na cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 2002. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

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

CHAIM, A.; VALARINI, P.J.; OLIVEIRA, D.A.; MORSOLETO, R.V.; PIO, L.C. **Avaliação de perdas na pulverização em culturas de feijão e tomate**. Boletim de Pesquisa Embrapa CNPMA, Jaguariuna, n.2, 1999. 29p.

CHIAPPA, A. C. **Crédito agrícola - produção e exportação de soja**. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=1>>. Acesso em: 24 out. 2006.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, v. 69, n.1, p. 231 - 238. Campinas, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2009/2010** – Décimo Segundo Levantamento – Setemboro/2010. 44 p. disponível em: <http://www.conab.gov.br/detalhe.php?c=19343&t=2> Acesso em 15/09/2010.

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. Parceria público-privada de combate a ferrugem asiática da soja. Disponível em: http://www.consorcioantiferrugem.net/portal/?page_id=75 Acesso em 15/09/2010.

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: **ZAMBOLIM, L. Manejo integrado: fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa-MG: UFV, 2001. p. 683-721.

COSTA, M. J. N. da; LIMA, P. M. de; BORTOLINI, C. G.; BORTOLON, L.; PASQUALLI, R. M. Interação entre cultivares de soja e número de aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: EMBRAPA Soja, 2005. p. 293-294.

CUNHA, J. P. A. R. da; 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**: v.36, n.5. Santa Maria, set./out. 2006.

FUNDAÇÃO MT. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Ed: Central de Texto Carrion Carracedo Editores Associados. Rondonópolis – MT, 2005. 229 p.

FURLAN, S. H. Impacto da ferrugem asiática da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.31, n.1, p. 119-20, 2005.

GODOY, C. V.; HOGA, L. J. & CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n.1, p. 63 – 68, 2006 (a).

GODOY, C.; SEIXAS, C.; YORINORI, J. T.; MEYER, M. C.; ANDRADE, P.; COSTAMILAN, L.; MARTINS, M.; WRUCK, D. S.; NUNES JUNIOR, J. **Saldo negativo: balanço da ferrugem asiática na safra 2005/2006**. Embrapa Soja. Disponível em: http://www.agrolink.com.br/ferrugem/artigos_pg_detalhe_noticia.asp?cod=40851. Acesso em: 20 maio 2006 (b).

GODOY, C. **Balanço da Embrapa Soja sobre ferrugem aponta prejuízo de US\$ 204,5 milhões**. Embrapa Soja. 2008. Disponível em: <http://www.clicrbs.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&id=2086250&action=noticias> Acesso em 21/09/2008.

HISLOP, E.C.; WESTERN, N.M.; BUTLER, R. Experimental air-assisted spraying of a maturing cereal crop under controlled conditions. **Crop Protection**, Oxford, v. 14, n. 1, p. 19-26, 1995.

HOFFMANN, L. L.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja. IN: COODETEC. Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas II**. Encontro Técnico 8. COOPAVEL/BAYER CropScience. Cascavel: BAYER CropScience, 2004. 122 p.

JORGENSEN, L. Physics: the physics of sprays. In: **HARDI INTERNATIONAL. Hardi international application technology course 2000**. Taastrup, 2000. v. 1, chap. 2, p. 38-48.

JORGENSEN, L.; WITT, K. L. Spraying and the impact on the environment: Spraying technique in relation to approval and use of pesticides in Northern Europe. In: **HARDI INTERNATIONAL. Hardi international application technology course 2000**. Taastrup, 2000. v.1, chap. 2, p. 4-16.

KOCH, H. The evolution of application techniques in Europe. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, 1. Águas de Lindóia. **Anais...** Jaboticabal: IAC; UNESP, p.30-38. 1997.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell Science, 2000. 432p.

NORDBO, E. Effects of nozzle size, travel speed and air assistance on artificial vertical and horizontal targets in laboratory experiments. **Crop Protection**, Oxford, v. 11, n. 3, p. 272-277, 1992.

OZKAN, E. **Best spraying strategies to fight against Soybean Rust**. Disponível em: <http://www.jacto.com/soybean_rust.html>. Acesso em: 19 abr. 2005.

PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BARBOSA, J.C.; PIO, L.C.; BRAZ, B.A. Padrões de distribuição obtidos com bicos TwinJet, em função da altura e do espaçamento entre bicos. **Engenharia Agrícola**, Campinas, v.14, p.19-30, 1994.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S.; GIMENES, M. J.; ARAÚJO, D. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n.1, p. 45 - 50, 2010.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.329-334, 2003.

RAETANO, C.G. Assistência de ar em pulverizadores de barra. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 221-225, 2002.

RAETANO, C.G.; BAUER, F.C. Deposição e perdas da calda em feijoeiro em aplicação com assistência de ar na barra pulverizadora. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p.309-315, 2004.

RAETANO, C. G.; MERLIN, A. Avanços tecnológicos no controle da ferrugem asiática da soja. In: **ZAMBOLIM, L. (Ed.) Ferrugem asiática da soja**. Viçosa, UFV/DFP, 2006. Cap 7. p. 115-138.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, p. 275-284, 2000. Suplemento.

REIS, E.M.; FORCELINI, C.A.; REIS, A.C. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 4ª. Ed. Florianópolis, Insular, 2001. 176p.

RICHETTI, A. Custo do controle químico da ferrugem asiática da soja na safra 2005/2006. **Comunicado Técnico EMBRAPA Agropecuária Oeste**, Dourados, n. 111, 2005. Disponível em: <<http://www.cpa.embrapa.br/noticias/artigos/artigo7.html>>. Acesso em: 30 maio 2006.

ROBINSON, T.H. Large-scale ground-based application techniques. In: **MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. (Eds.). Application technology for crop protection**. Wallingford: CAB International, 1993. p.163-186.

SARTORI, S. Equipamentos tratorizados para culturas de baixo fuste: situação no Cone –Sul. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**, 1. Águas de Lindóia. **Anais...** Jaboticabal: IAC/UNESP, p. 110-112. 1997.

SCUDELER, F. **Assistência de ar e angulação da barra pulverizadora na disposição e perdas da pulverização na cultura da batata**. 2005. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G. **Assistência de ar e angulação da barra pulverizadora na deposição e perdas da pulverização na cultura da batata**. Botucatu: Depto. de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2004. 35p. (Relatório Científico).

SILVA, M.A.S. **Depósitos da calda de pulverização no solo e em plantas de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) em diferentes condições de aplicação**. 2001. 53 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SINCLAIR, J.B.; HARTMAN, G.L. Soybean rust. In: HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1999. p. 25-26.

SOJA. **Agrianual** 2005: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, p. 455-462, 2004.

SPRAYING SYSTEMS CO. **Teejet - produtos de pulverização para agricultura** - catálogo 46-m-br/p.USA: Spraying Systems, 1999. 104 p.

TAYLOR, W.A.; ANDERSEN, P.G. A review of benefits of air assisted spraying trials in arable crops. *Aspects of Applied Biology*, **Wellesbourne**, v. 48, p. 163-174, 1997.

TAYLOR, W.A.; ANDERSEN, P.G.; COOPER, S. The use of air assistance in a field crop sprayer to reduce drift and modify drop trajectories. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE-WEEDS, 3., 1989, **Brighton. Proceedings...** Farnham: British Crop Protection Council, 1989. p. 631.

TECNOLOGIAS de produção de soja: Paraná 2006. Londrina: EMBRAPA Soja, **(Sistemas de Produção)** 2005. 208 p.

TOMAZELA, M.S. **Efeitos do estágio de desenvolvimento de *Brachiaria plantaginea* (Link) Witch, ângulo de aplicação e tipo de ponta na deposição da calda de pulverização.**

2001. 53 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VENEGAS, F.; RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Assistência de ar em barra de pulverização, deposição da calda e controle da pinta preta na cultura da batata. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.29, n.4, p.323-9, 2003.

YORINORI, J.T. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA, 2. 2002. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p. 47-54.

YORINORI, J.T. *Soja* [Glycine max (L.) Merrill] controle de doenças. In: VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L. (EdS.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 953-1009.

YORINORI, J.T.; LAZZAROTTO, J.J. Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul. **Documentos Embrapa Soja**, Londrina, n. 236, 2004. 27 p.