

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS  
EXATAS E TECNOLÓGICAS  
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Características de produção e deposição de calda de pulverização  
em diferentes arranjos espaciais na cultura da soja**

Vandoir Holtz

Anápolis  
2013

**CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO E DEPOSIÇÃO DE CALDA DE  
PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS NA  
CULTURA DA SOJA**

VANDOIR HOLTZ

Orientador: Professor D.Sc. Elton Fialho dos Reis

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola – Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de MESTRE.

Anápolis  
2013

Holtz, Vandoir.

Características de produção e deposição de calda de pulverização em diferentes arranjos espaciais na cultura da soja - 2013

68 f.il.

Orientador: Prof. DSc. Elton Fialho dos Reis.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás. Mestrado em Engenharia Agrícola, 2013.

Bibliografia.

1. Tecnologia de Aplicação. 2. Deposição. 3. Arranjo espacial. 4. *Glycine max*. I. Título

**CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO E DEPOSIÇÃO DE CALDA DE  
PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS NA  
CULTURA DA SOJA**

Por

Vandoir Holtz

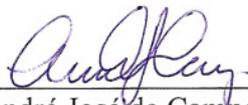
Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de  
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: 25/02/13



---

Prof. Dr. Elton Fialho dos Reis  
Orientador  
UEG / UNUCET



---

Prof. Dr. André José de Campos  
Membro  
UEG / UNUCET



---

Prof. Dr. Paulo César Timossi  
Membro  
UFG / CAJ

Dedico aos meus familiares, em especial a minha esposa Sheylla, minha filha Beatriz e ao meu filho Felipe pelo auxílio, companhia, carinho e compreensão durante toda a pesquisa. Ao meu pai Arnido Holtz e a minha mãe Arnilda Diva Holtz por nunca terem desistido de produzir alimentos, exemplos de agricultores. As minhas irmãs Dorisa e Luciana, porque sempre acreditaram no trabalho honesto. Ao meu tio Nilvo e sua esposa Janete, por tão gentilmente me acolhido quando da minha penetração a este Estado. Aos professores e amigos que me ajudaram nesta caminhada e a todos que acreditam na pesquisa como ferramenta de desenvolvimento.

## AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar por ter colocado tantas pessoas formidáveis a minha volta.

A Universidade Estadual de Goiás, ao Departamento de Engenharia Agrícola e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Professor D.Sc. Elton Fialho dos Reis pela orientação, auxílio, confiança, amizade e disponibilidade durante o curso.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela atenção, pelo incentivo, pelas boas críticas e bons conselhos para a realização desse trabalho.

Aos colegas do mestrado, Márcio, Pedro Henrique, Rafael e Rodney pela amizade e auxílio durante os experimentos.

Aos alunos da graduação Elson Júnior, Danilo, Beethoveen, Neyber e Gabriel pelo auxílio na execução deste trabalho.

A Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária-EMATER.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG, pela concessão da bolsa de estudo.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>RESUMO</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1. Cultura da soja</b> .....	3
<b>2.2. População de plantas na cultura da soja</b> .....	4
<b>2.3. Espaçamento entrelinhas para cultura da soja</b> .....	5
<b>2.4. Doenças de baixeiro da soja</b> .....	8
<b>2.5. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários</b> .....	11
<b>2.6. Espectro de gotas</b> .....	13
<b>2.7. Ponta de pulverização</b> .....	13
<b>2.8. Análise de deposição de calda de pulverização</b> .....	14
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
<b>3.1. Local do experimento</b> .....	17
<b>3.2. Características do solo</b> .....	17
<b>3.3. Delineamento experimental</b> .....	18
<b>3.4. Cultivar</b> .....	18
<b>3.5. Manejo do solo e tratos culturais</b> .....	19
<b>3.6. Unidade experimental e densidade populacional</b> .....	21
<b>3.7. Caracterização da aplicação</b> .....	21
<b>3.8. Colheita do experimento</b> .....	22
<b>3.9. Características avaliadas</b> .....	22
3.9.1. Tempo de fechamento e porcentagem de fechamento .....	22
3.9.2. Área foliar em R1 .....	23
3.9.3. Índice de área foliar (IAF) em R1 .....	24
3.9.4. Altura em R1 .....	25
3.9.5. Depósito do traçador .....	25
3.9.6. Espectro de gotas .....	26
3.9.7. Altura final da soja .....	27
3.9.8. Altura de inserção da primeira vagem nas plantas de soja.....	27
3.9.9. Produtividade de grãos de soja.....	28
3.9.10. Desenvolvimento de plantas daninhas reinfestantes.....	28
<b>3.10. Análise estatística</b> .....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
<b>4.1. Tempo de fechamento e porcentagem de fechamento das entrelinhas</b> .....	29
<b>4.2. Área foliar, índice de área foliar e altura da soja em R1</b> .....	30
<b>4.3. Deposição da calda pulverizada</b> .....	32
<b>4.4. Espectro de gotas</b> .....	35
<b>4.3. Altura de inserção da primeira vagem e altura final</b> .....	37

<b>4.4. Produtividade de grãos e matéria seca acumulada de plantas daninhas reinfestantes.....</b>	<b>38</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Atributos Físicos e químicos de um Latossolo Vermelho distrófico, na camada de 0,0 a 0,30 m.....	16
TABELA 2 – Número teórico de plantas por dez metros, distância entre plantas, quantidade de linhas úteis e área útil para cada tratamento, para obtenção dos arranjos espaciais implantados na área experimental.....	19
TABELA 3 – Condições climáticas durante a aplicação da calda de pulverização.....	20
TABELA 4 – Médias do tempo de fechamento e porcentagem de fechamento das entrelinhas da cultura da soja para os estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e plantio cruzado (0,5 x 0,5) m.....	27
TABELA 5 – Médias da área foliar em R1, índice de área foliar em R1 e altura da soja em R1 para os estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 e 0,50 m em plantio cruzado.....	29
TABELA 6 – Médias da deposição de calda de pulverização ( $\mu\text{l cm}^{-2}$ ) no terço superior, médio inferior do dossel da cultura da soja e razão de deposição para os estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e 0,50 m em plantio cruzado.....	31
TABELA 7 – Médias do espectro de gotas produzidas pela ponta de pulverização TT 11002 nos terços superior, médio e inferior do dossel da soja: diâmetro médio volumétrico (DMV), diâmetro médio numérico (DMN), porcentagem de impactos menores que 100 $\mu\text{m}$ , porcentagem da área atingida, volume retido ( $\mu\text{L}$ ) e coeficiente de variação (CV).....	34
TABELA 8 – Médias da altura final (m) e altura de inserção da primeira vagem (m) para cultura da soja nos estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare, nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e 0,50 m em plantio cruzado (0,5 x 0,5) .....	36
TABELA 9 – Médias da produtividade agrícola ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) e matéria seca acumulada de plantas daninhas ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) para cultura da soja nos estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e 0,50 m em plantio cruzado (0,5 x 0,5) ....	38
TABELA 10 – Síntese da análise de variância (quadrado médio) para tempo de fechamento (TF) e porcentagem de fechamento (PF), área foliar em R1 (AF), índice de área foliar em R1 (IAF) e altura em R1 (ALT), para os diferentes estandes e espaçamentos da cultura soja. ....	54

TABELA 11 – Síntese dos valores de análise de variância (quadrado médio) para depósito de calda de pulverização no terços superior, médio e razão de deposição entre o terço superior e inferior do dossel da soja. ....	54
TABELA 12 - Síntese dos valores de análise de variância (quadrado médio) para altura final da soja (m) e altura de inserção da primeira vagem (m). ....	54

## CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO E DEPOSIÇÃO DE CALDA DE PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS NA CULTURA DA SOJA

### RESUMO

O principal objetivo da aplicação de produtos fitossanitários é o controle eficiente de insetos, patógenos e plantas daninhas. O arranjo espacial da cultura pode interferir na estrutura morfológica da planta e alterar a cobertura foliar, criando condições diferenciadas para a penetração das gotas ao alvo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes estandes e espaçamentos entrelinhas na deposição de calda de pulverização na cultura da soja. O trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Anápolis-Go da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária-EMATER na safra 2011/2012. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 6, sendo dois estandes (160.000 e 240.000 plantas) e seis espaçamentos entrelinhas (0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e; 0,50 m em plantio cruzado), com quatro blocos. Foram avaliados o tempo de fechamento das entrelinhas, a porcentagem de fechamento das entrelinhas, a área foliar em R1, o índice de área foliar (IAF) em R1, a altura em R1, a deposição de calda de pulverização nos terços superior, médio e inferior, a razão deposição entre o terço superior e inferior do dossel, a altura final da soja, a altura de inserção da primeira vagem, a produtividade da cultura e o desenvolvimento de plantas daninhas. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que as alterações no arranjo espacial foram responsáveis por diferenças no tempo fechamento das entrelinhas, na porcentagem de fechamento das entrelinhas, na área foliar em R1, na altura em R1, no IAF em R1, na deposição de calda de pulverização no terço inferior do dossel, na altura final da soja e na produtividade. O arranjo espacial de plantas alterou a deposição no terço inferior, com menor depósito e maior razão de deposição no menor espaçamento, sem causar perdas na produtividade.

**Palavras chave:** tecnologia de aplicação, arranjo espacial, produtividade, *Glycine max*

## CHARACTERISTICS PRODUCTION AND OF SPRAYING DEPOSITION IN DIFFERENT SPATIAL ARRANGEMENTS IN THE SOYBEAN

### ABSTRACT

The main purpose of the application of pesticides is the efficient control of insects, diseases and weeds. The spatial arrangement of culture can affect the morphological structure of the plant and change leaf coverage, creating different conditions for the penetration of the droplets to the target. This study aimed to evaluate the effect of different population of plants and row spacing in the deposition of spray solution on soybean. The work was conducted in Estação Experimental de Anápolis-Go da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER). Was used a randomized block design in factorial 2 x 6, with two population of plants (160.000 and 240.000 plants) and six row spacings (0.30; 0.40; 0.50; 0.60; 0.70 m and 0.50 m in planting crossed), with four blocks. Was evaluated time to achieve canopy closure, the percentage of canopy closure, the leaf area in R1, the leaf area index (LAI) in R1, the height in R1, the deposition of spray solution in the upper, middle and lower, the ratio deposition between upper and lower canopy, the final height of soybeans, the height of first pod, the crop yield and weed development. The results of this study showed that changes in the spatial arrangement accounted for differences in the time canopy closure, in the percentage of canopy closure, in the leaf area at R1, in the height on R1, in the IAF on R1, in the deposition of spray solution in the lower third of the canopy, in the final height of soybeans and yield. The spatial arrangement of plants altered the deposition in the lower third, a less deposit and higher ratio of deposition in the smaller spacing, without causing yield losses.

**Keywords:** application technology, spatial arrangement, productivity, *Glycine max*

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é considerada um dos principais cultivos da agricultura brasileira e mundial, com importante papel socioeconômico, pois constitui matéria-prima fundamental para vários setores agroindustriais. Esta importância está respaldada pela sua composição química, que confere uma multiplicidade de aplicações na alimentação humana e animal, além de ser uma opção para a produção de biodiesel.

Para que a soja possa atingir seu potencial máximo de produção, é necessário que a planta tenha as melhores condições de solo e clima, além de mínima competição entre plantas. Esta competição pode ser minimizada pela adoção de arranjos espaciais de plantas que permitam minimizar a competição entre plantas e maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis. As modificações no arranjo espacial das plantas podem ser realizadas por meio da variação do espaçamento entre as plantas na linha de semeadura e/ou da distância entre as linhas de cultivos.

A soja apresenta tolerância à variação na população de plantas, denominada plasticidade, com indicação de que mudanças no arranjo resultam em alterações mais significativas na estrutura morfológica da planta, do que na produtividade. Estas alterações morfológicas podem interferir no fechamento das entrelinhas, altura das plantas, altura de inserção da primeira vagem, área foliar e índice de área foliar, além de outras características agronômicas.

O fechamento das entrelinhas deve ser observado com cautela. O maior e rápido fechamento cria condições de menor circulação de ar e de maior umidade, o que pode favorecer ocorrência de patógenos no baixeiro da planta e dificultar ainda mais a penetração das gotas de pulverização para seu controle. Já a ocorrência de aberturas nas entrelinhas pode favorecer a penetração de produtos fitossanitários ao terço médio e inferior das plantas, mas permitir a reinfestação de plantas daninhas, competidoras da soja por recursos disponíveis.

Para a cultura da soja, um dos fatores que mais aumenta o custo de produção é, sem dúvida, a necessidade de aplicação de produtos fitossanitários. Atualmente, destacam-se como as doenças mais preocupantes na cultura a ferrugem asiática e o mofo-branco. A ferrugem asiática é uma doença fúngica facilmente disseminada pelo vento, e sob condições climáticas favoráveis, pode causar perda total da produção. O mofo-branco é considerado um dos patógenos mais importantes no mundo e está distribuído em todas as regiões produtoras, sejam elas temperadas, subtropicais ou tropicais.

Para o controle eficiente das doenças de baixeiro da soja é fundamental que haja o máximo de cobertura da folhagem com fungicidas que tenha o maior período residual. Contudo, o controle destes patógenos é dificultado pelo dossel vegetativo. A deficiência no controle inicial irá permitir sua multiplicação na parte inferior da folhagem, tornando cada vez mais difícil o acesso do fungicida e da radiação solar.

Atualmente a viabilidade econômica e operacional das lavouras é garantida por meio da utilização de agrotóxicos. Assim, é objetivo da tecnologia de aplicação aumentar a eficácia da aplicação de produtos fitossanitários, com a utilização de conhecimentos científicos, para a correta colocação de um produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com mínimo de contaminação.

Diante do exposto, este trabalho foi feito com o objetivo de avaliar a deposição de calda de pulverização em diferentes estandes e espaçamentos entrelinhas na cultura da soja, sob a hipótese de que é possível melhorar a deposição por meio de modificação do arranjo espacial da cultura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de origem Asiática que foi introduzida na Europa e depois no continente americano. No Brasil, sua introdução ocorreu através dos Estados Unidos, por Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, que realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares, sendo considerada esta a referência mais antiga encontrada na literatura (EMBRAPA, 2013).

A produção de soja constitui um dos principais cultivos da agricultura mundial e brasileira, devido ao seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, que lhe confere multiplicidade de aplicações na alimentação humana e animal, com papel socioeconômico relevante, além de constituir matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais (HEIFFIG et al., 2006).

Na economia brasileira a sojicultura ocupa uma posição de destaque, com áreas cultivadas em 16 dos 27 estados brasileiros. No cenário mundial, o Brasil é o segundo maior produtor de soja, com os Estados Unidos em primeiro lugar. A produção brasileira para a safra 2011/2012 foi estimada em 66,4 milhões de toneladas, em uma área de 25,0 milhões de hectares, com média de produtividade de 2.656 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012).

Além disso, a preocupação mundial na busca por alternativa energética renovável apresenta a soja como uma opção. O biodiesel é um produto derivado da biomassa de oleaginosas, destacado como medida mitigatória na emissão de gases na atmosfera. Assim, produzir energia e alimento sem avançar sobre as florestas e recursos naturais, torna-se o grande desafio do setor agrícola. O Brasil é a grande promessa do fornecimento de matéria prima para o incremento da demanda mundial de soja (CRUZ, 2007).

A soja é uma planta anual, herbácea, ereta, autógama, apresentando variabilidade para as características morfológicas, que podem ser influenciadas pelo ambiente, como a altura e número de ramificações. Quanto ao ciclo, que pode variar de 75 dias para as mais precoces e até 200 dias para as mais tardias. O fruto é do tipo vagem e pode chegar a 400 por planta, com número de grãos variando de um a cinco por vagem. Contudo, a maioria das cultivares apresenta vagens com dois ou três grãos. Suas sementes possuem variações quanto à forma, tamanho e cor (SEDIYAMA, 2009). Segundo Rezende e Carvalho (2007), para uma planta manifestar o seu máximo potencial genético, caracterizado pelo seu melhor crescimento e

desenvolvimento, diversos fatores ambientais podem influenciar diretamente no processo, como fotoperíodo, temperatura, radiação solar, nutrientes e até mesmo o vento (RODRIGUES et al., 2001).

A população é fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Dessa forma, a melhor população de plantas deve possibilitar, além do alto rendimento, altura de planta e de inserção da primeira vagem adequadas à colheita mecanizada e plantas que não acamem (MARTINS et al., 1999).

A produtividade da cultura da soja é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo. Altos rendimentos são obtidos quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento das plantas (RITCHIE et al., 1994). O rendimento de grãos é composto pelo número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de sementes (LAMEGO et al., 2004).

Dada a sua importância no contexto mundial e nacional, justifica-se o enorme interesse que diversos países têm na busca de informações sobre novas tecnologias, que podem potencializar as áreas já cultivadas, visando o incremento produtivo sem a abertura de novas áreas, justificando a necessidade de pesquisas no sentido de aperfeiçoar o cultivo e reduzir os riscos de perdas na produção.

## **2.2. População de plantas na cultura da soja**

Para que uma cultura atinja o seu potencial máximo de produção, é necessário que tenha as melhores condições de solo e clima, mínimo de competição e melhor aproveitamento de energia solar (SANTOS JR. et al., 2004).

A planta de soja é dotada de grande plasticidade morfológica (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Plasticidade é um termo que descreve a habilidade de mudar sua forma ou corpo em resposta a uma mudança ambiental sem nenhuma mudança genética envolvida (SRIVASTAVA, 2002). Devido a esta plasticidade, a soja apresenta capacidade de adaptação às diferentes condições ambientais e de manejo, por meio de modificações morfológicas, da arquitetura e dos componentes do rendimento. Estas modificações podem estar relacionadas com a fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entrelinhas (PIRES et al., 2000; RAMBO et al., 2003).

A população é fator determinante para o arranjo de plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Dessa forma, a melhor densidade deve propiciar alta produtividade agrícola, altura ideal da planta e de inserção da primeira vagem adequadas à

colheita mecanizada e plantas que não acamem (REIS et al., 1977; GAUDÊNCIO et al., 1990). A escolha do genótipo é preponderante para a definição do arranjo de plantas na área, isto porque as cultivares respondem diferenciadamente aos arranjos (DUTRA et al., 2007).

O aumento da população de plantas afeta morfofisiologicamente a cultura da soja, devido à maior competição, o que pode determinar a redução do número de ramificações laterais e do diâmetro do caule, além de aumentar a estatura de planta e altura de inserção da primeira vagem (SANTOS, 1988). Quanto maior a densidade de plantas, maior a estatura de planta e menor do diâmetro do caule (LINZMEYER JUNIOR, 2008). Sob alta densidade de plantas é muito comum ocorrer o estiolamento, devido à elevada competição por luz. Por isto, o acúmulo de plantas na lavoura pode induzir ao acamamento (CATO e CASTRO, 2006), além do sombreamento mútuo entre as plantas que pode favorecer o desenvolvimento de patógenos do baixeiro e também dificultar a penetração da gota de pulverização para seu controle.

Por outro lado, as baixas densidades resultam em plantas de menor porte e/ou a maior abertura entre as linhas que podem facilitar a penetração das gotas de pulverização aos terços médio e inferior do dossel. Entretanto, podem favorecer o desenvolvimento de plantas daninhas e acarretar maiores perdas na colheita mecanizada (CÂMARA, 1998).

A densidade ideal de plantas para cada cultivar depende principalmente das características da cultivar, como ciclo biológico, altura da planta, hábito de crescimento, índice de acamamento e período juvenil (GILIOLI et al., 1995).

### **2.3. Espaçamento entrelinhas para cultura da soja**

As modificações no arranjo de plantas de soja podem ser feitas por meio da variação do espaçamento entre as plantas na linha de semeadura e da distância entre as linhas (PIRES et al., 1998). Os espaçamentos entre as linhas e a densidade de plantas nas linhas podem ser alterados, com a finalidade de estabelecer o arranjo mais adequado à obtenção de maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2002). Arranjo espacial é uma prática de gestão importante que pode melhorar a interceptação da radiação através da cobertura do solo mais completo (HEITHOLT et al., 2005).

O potencial para uma maior produtividade das culturas ocorre quando competição entre plantas por um recurso limitante como radiação solar ou nutrientes é diminuída (BANIK e SHARMA, 2009). Redução nas safras pode ser atribuída em parte ao arranjo impróprio das culturas (BRINTHA e SERAN, 2009).

Quanto aos novos arranjos espaciais, ganhou destaque na imprensa nacional o “plantio cruzado”, em função dos resultados obtidos pelos produtores rurais ganhadores do Desafio Nacional de Máxima Produtividade, organizado pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB). Na safra 2009/10, o vencedor do desafio obteve produtividade de 6.504 kg ha<sup>-1</sup>, no Estado do Paraná e na safra 2010/11, um produtor do Oeste da Bahia, alcançou 6.038 kg ha<sup>-1</sup>. Ambos os produtores realizaram o plantio cruzado, além de outros tratamentos especiais. O recorde mundial de soja é norte americano, com produtividade de 10.380 kg ha<sup>-1</sup> semeando a soja em linhas duplas (CESB, 2013).

O plantio cruzado ou semeadura cruzada é aquele em que metade das sementes é semeada em um sentido, normalmente o que já vem sendo praticado na lavoura e a outra metade em sentido transversal, ou seja, cruzando as linhas de semeadura, formando um quadriculado (BALBINOT JÚNIOR et al., 2012).

Pesquisando sobre os efeitos dos diferentes arranjos entre plantas, Heiffig et al. (2006) não encontraram diferenças significativas para a massa de 1000 grãos e para produtividade da soja cultivada com espaçamentos entrelinhas de 0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60 e 0,70 m. Da mesma forma, Santa Cruz (2008) avaliou cultivar de soja determinada, para os espaçamentos de 0,20, 0,40, 0,50 e 0,60 m, em fatorial com as densidades 200.000, 250.000 e 300.000 plantas por hectare, e não encontrou diferença significativa entre as médias de produtividade. Outros pesquisadores também encontraram resultados que induzem a afirmar que existe uma faixa de populações de plantas, em que a variação do número de plantas não afeta a produtividade de grãos (BARNI et al., 1985; NAKAGAWA et al., 1986; GAUDÊNCIO et al., 1990; PEIXOTO et al., 2000). Contudo, outras pesquisas apresentaram resultados que contradizem esta afirmação, como Pires et al. (2000), Rambo et al. (2003), e Parcianello et al. (2004) que estudando cultivares de hábito determinado e ciclo semi-precoce, precoce e semi-tardio respectivamente, relataram que em relação ao arranjo de plantas, maiores rendimentos de grãos foram observados no tratamento com espaçamento entrelinhas reduzido. Outros trabalhos encontraram resultados análogos a esta teoria (BALL et al., 2000; PELUZIO et al., 2002; RIGSBY e BOARD, 2003; REZENDE et al., 2004; HEITHOLT et al., 2005; LUDWIG et al., 2007).

Todos os autores concordam que a variação na população de plantas tem como resultado alterações na estrutura morfológica. O porte da cultivar é de interesse tanto em relação a sua maior altura, em função da maior tendência ao acamamento (COOPER, 1971), como também a menor, por diminuir a altura de inserção da primeira vagem, favorecendo as perdas de grãos na colheita mecanizada (HEIFFIG et al., 2006).

A variação na densidade e no espaçamento proporciona maior ou menor penetração da luz no dossel das plantas. A área foliar sobre uma determinada área do solo, denominada índice de área foliar (IAF), é fator importante de produtividade da cultura. O valor correspondente a 95% de absorção da radiação incidente é chamado IAF crítico, índice esse dependente da intensidade luminosa e também do número de plantas por área, ou seja, da densidade das plantas na fileira e da distância entre as fileiras (BARNI e BERGAMASCHI, 1981). Cultivares que possuem maior IAF e mais ramificações laterais possibilita mais rapidamente o fechamento das entrelinhas.

Diferentes arranjos na distribuição de plantas de soja podem promover a alteração na interceptação luminosa. Na parte aérea da planta, ocorre competição intraespecífica, especialmente, pela radiação solar. Cada planta procura colocar o maior número de folhas em posições privilegiadas a fim de captar a luz solar. Elas fazem isso emitindo ramos e alongando os entrenós dos mesmos (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

A radiação solar é fundamental na exploração agrícola. A máxima exploração da energia solar, para sua transformação e fixação na forma de substâncias fotossintetizadas é o que se busca na agricultura. Ainda, é mais interessante que um grande número de folhas de cada planta receba uma intensidade não muito alta de radiação, do que apenas as folhas superiores recebam uma quantidade acima da saturação e as folhas inferiores permaneçam em condições de sombreamento (BARNI e BERGAMASCHI, 1981).

Esta distribuição das folhas na disputa para interceptar maior quantidade de radiação solar pode ser fator determinante para se definir a forma de aplicação de produtos fitossanitários. Um dos objetivos da modificação no arranjo de plantas, pela redução da distância entre as linhas, é encurtar o tempo de fechamento, para que a cultura possa interceptar 95% da radiação solar incidente, a fim de incrementar a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (BOARD e HARVILLE, 1992). Entretanto, o rápido fechamento das entrelinhas cria condições de menor circulação de ar e de maior umidade, o que pode favorecer ocorrência de patógenos no baixeiro da planta e gera maior dificuldade para a penetração da gota para seu controle. O desenvolvimento de patógenos aumenta com a redução do espaçamento entrelinhas devido à ocorrência de maior umidade no interior do dossel devido à cobertura do solo mais rápida (COSTA et al., 2002). Por outro lado, a ocorrência de aberturas nas entrelinhas pode favorecer a penetração de produtos fitossanitários ao terço médio e inferior das plantas, o que pode ser interessante para o combate aos patógenos, mas favorece o desenvolvimento de plantas daninhas (CÂMARA,

1998; PELUZIO et al., 2000). O intenso sombreamento sobre as plantas daninhas, prejudica sua taxa fotossintética e reduz o porte e a infestação na área (FIOMARI et al., 2005).

A densidade de plantas na linha interfere no desenvolvimento de plantas daninhas da mesma maneira que o espaçamento entrelinhas, ou seja, quanto maior a densidade de plantas, maior a capacidade competitiva. A competição da cultura não elimina o problema das plantas daninhas, mas é um fator importante para um sistema integrado. A soja semeada em espaçamentos menores (0,20 a 0,40 m entrelinhas) controla melhor as plantas daninhas do que aquela semeada de 0,50 a 0,80 m (GAZZIERO e SOUZA, 1992).

Quanto menor o espaçamento adotado, menor será o tempo necessário para que a cultura cubra a superfície do solo, reduzindo o espaço e sombreado as plantas daninhas. O uso de espaçamento menor aumenta a capacidade competitiva da soja sobre as plantas daninhas, devido à melhor distribuição do sistema radicular e à rápida cobertura do solo (LEGERE e SCHREIBER, 1989).

Os efeitos negativos da presença de plantas daninhas em lavouras de soja incluem a competição que exercem por recursos limitados de crescimento, aumento do custo de produção, dificuldade de colheita, depreciação da qualidade do produto, hospedagem de pragas e doenças, redução na produtividade em mais de 50%, redução no tamanho das sementes, contaminação com material potencialmente tóxico ou não palatáveis e diminuição do valor comercial das áreas cultivadas (MARRA e CARLSON, 1983).

#### **2.4. Doenças de baixeiro da soja**

Em décadas anteriores, o espaçamento entrelinhas de soja era estabelecido com o objetivo de adequar a população de plantas na área, proporcionando mais rapidamente o seu fechamento, visando a supressão de plantas daninhas. O estreitamento das entrelinhas pode estabelecer características diferenciadas do ponto de vista da patogênese, fisiologia da planta e tecnologia de aplicação (MADALOSSO et al., 2010).

O aumento do espaçamento entrelinhas maximiza a retenção do fungicida e evidencia a importância da interação do manejo fitotécnico, controle químico das doenças e a tecnologia utilizada na aplicação. O manejo fitotécnico pode proporcionar maior adequação no manejo fitossanitário bem como favorecer o desenvolvimento fenológico da planta pela maior exposição de suas folhas à luminosidade (MADALOSSO, 2007).

Atualmente o cultivo da soja sofre principalmente com a presença e proliferação do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary) e a ferrugem asiática *Phakopsora*

*pachyrhizi* H. Sydow & Sydow. Este dois patógenos estão em destaque principalmente pela dificuldade encontrada para seu controle.

O mofo-branco é uma das doenças que inicia seu desenvolvimento do baixeiro da soja. Este fungo é considerado um dos patógenos mais importantes no mundo e está distribuído em todas as regiões produtoras, sejam elas temperadas, subtropicais ou tropicais. Na soja, os sintomas ocorrem geralmente no terço médio das plantas, atingindo haste principal, pecíolos, folhas e vagens (LEITE, 2008).

Em condições favoráveis e na presença de um hospedeiro suscetível, o escleródio germina e pode produzir micélio, que penetra diretamente nos tecidos da base da planta, ou forma apotécios, que emergem na superfície do solo e liberam os ascósporos. Em condições de alta umidade relativa, acima de 70%, e temperatura ao redor de 20°C, os apotécios liberam ascósporos durante várias semanas, que são responsáveis pela infecção da parte aérea das plantas. O fungo invade os tecidos e provoca o seu apodrecimento. O micélio desenvolve sobre um substrato formado por tecidos mortos ou senescentes. Assim, o controle mais efetivo baseia-se em um programa integrado de medidas, que incluem diversas práticas culturais (LEITE, 2005).

A ferrugem asiática é outra doença que tem seu controle dificultado pelo dossel vegetativo e sob condições climáticas favoráveis, pode causar perda total da produção. Esta doença é causada pelo fungo, que é facilmente disseminada pelo vento. É uma doença grave que reduz o rendimento de grãos de soja e aumenta os custos de produção, exigindo uma ou mais aplicações de fungicidas por safra (SCONYERS e KEMERAIT, 2006). A intensidade da ferrugem asiática da soja é diretamente influenciada pela frequência de chuvas ao longo do ciclo da cultura (GALLOTI et al., 2006; GODOY et al., 2009), o que também implica em dificuldade operacional para seu controle.

Além destes dois patógenos que atualmente estão em destaque, as lavouras de soja, bem como as demais de grandes culturas estão suscetíveis a surgimento de novos agressores, e encontram sua viabilidade econômica e operacional garantida por meio da utilização de agrotóxico, onde a eficiência do controle ainda é obtida graças ao maior efeito das novas moléculas, que compensa deficiente deposição obtida com as pulverizações, pois, em alguns casos, mais de 50% dos produtos aplicados não chegam ao alvo desejado (CHAIM, 2006). Prado (2009) alerta que além das doenças fúngicas, alguns insetos como as lagartas desfolhadoras tem hábitos de se alimentarem em regiões inferiores das plantas tornando-as menos vulneráveis a contaminação por inseticidas.

Para que se tenham maiores chances de sucesso no controle de doença como o mofo branco e ferrugem asiática é necessário uma cobertura completa de fungicida nas folhas de toda planta de soja. Como mencionado anteriormente, a penetração das gotas da pulverização nas partes inferiores das plantas é muito difícil, principalmente quando as plantas apresentam um grande índice de área foliar (ZHU et al., 2002; OZKAN et al., 2006; HANNA et al., 2009).

Para o controle eficiente das doenças do baixeiro da soja é fundamental que haja o máximo de cobertura da folhagem com fungicidas que tenham o maior período residual e com proteção da planta desde o início da ocorrência da doença. A deficiência no controle inicial irá permitir sua multiplicação na parte inferior à folhagem, tornando cada vez mais difícil o acesso do fungicida à medida que elas crescem (SANTA CRUZ, 2008).

Para Balardin e Madalosso (2006) a redução no espaçamento entrelinhas de soja acarreta aumento do número de folhas por metro quadrado, com prejuízo à penetração e cobertura do fungicida e comprometendo a eficácia do controle químico.

No terço inferior da soja, pelo microclima formado abaixo da camada de folhas, as doenças fúngicas encontram a condição mais favorável para se estabelecer, onde a amplitude térmica é menor e o orvalho tem sua evaporação retardada, determinando um maior tempo de molhamento foliar, ideal para a germinação e infecção dos fungos (BALARDIN, 2002). A maior umidade no interior do dossel, favorecida pela cobertura do solo mais rápida devido ao menor espaçamento entrelinhas, culmina com o aumento da severidade das doenças (COSTA et al. 2002; REIS, 2004; VILLAR et al., 2004). O momento crítico para controle das doenças de baixeiro tem se mostrado na fase reprodutiva da cultura, a partir do florescimento, porém pode ocorrer já nos primeiros estádios de desenvolvimento (FURLAN, 2005). O controle eficiente está intimamente relacionado ao conhecimento básico da biologia do alvo, normalmente exigindo que todos os estratos do dossel da planta sejam atingidos pelas gotas de pulverização. Desta forma, o arranjo de plantas pode ser ajustado de acordo também com as necessidades da técnica de aplicação do produto fitossanitário (MADALOSSO et al., 2010).

O uso de produtos fitossanitários via pulverização é a forma mais eficaz e imediata de controle dessas doenças da soja (YORINORI, 2002), sendo um dos fatores que mais acarreta o aumento do custo de produção da cultura (YORINORI et al., 2004). O desenvolvimento de novas técnicas de aplicação dos produtos fitossanitários é essencial para minimizar os prejuízos (FURLAN, 2005). Além disso, características fisiológicas do terço médio e inferior podem estar sendo suprimidas ou pouco exploradas agronomicamente, devido ao arranjo de

plantas inadequado à cultivar. O sombreamento precoce das folhas do terço médio e, principalmente, inferior da planta, causado pelo estreitamento das entrelinhas, pode acelerar a senescência de folhas, prejudicando o potencial produtivo da cultura (TAIZ e ZEIGER, 2004). Este mesmo sombreamento reduz a fixação de flores e conseqüentemente legumes no perfil da planta (MADALOSSO, 2007), determinando uma menor produtividade.

## **2.5. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**

A engenharia de aplicação tem como principal objetivo aumentar a eficácia da aplicação de agrotóxicos para o controle dos problemas fitossanitários, com a aplicação dos conhecimentos científicos para a correta colocação de um produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1998).

Neste aspecto, a eficácia do controle encontra notável dificuldade de proteção química em todo o dossel da planta, principalmente dos terços médio e inferior pelas condições que o adensamento de plantas propicia. Com a penetração e cobertura por gotas prejudicadas, o ingrediente ativo não se deposita no alvo em quantidade e qualidade adequadas, reduzindo o residual de controle, obrigando a uma nova aplicação e, conseqüentemente, encurtando o intervalo entre aplicações (NAVARINI, 2008).

Existem no mercado vários fungicidas registrados para o controle das doenças de baixeiro da soja, entre sistêmicos ou protetores. Costumeiramente, é priorizada a escolha do produto fitossanitário a ser aplicado e dá-se pouca importância à técnica de aplicação. Contudo, é necessário garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente e precisa, minimizando as perdas e contaminações (CHRISTOVAM, 2008). Assim, para selecionar a melhor estratégia de aplicação, são necessários conhecimentos do fungicida e de equipamentos apropriados, particularmente das pontas de pulverização, momento correto de aplicação, bem como o monitoramento da acurácia na aplicação da dosagem previamente estabelecida (OZKAN, 2006).

Antuniassi (2005) cita que uma característica importante para a definição das estratégias de controle é a maneira como os fungicidas sistêmicos se movimentam nas plantas da cultura após a aplicação e absorção. No mercado existem fungicidas que apresentam movimentação no sentido da base para o topo de cada folha, com a mínima chance de movimentação no sentido contrário e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra. Portanto, são localmente sistêmicos e não são translocados. Assim a penetração

completa e cobertura são essenciais para controle das doenças. Segundo Phipps et al., (2006), o arranjo espacial das plantas e uma estratégia de aplicação que produza maior cobertura foliar e penetração por aplicação de fungicida, também produzirá o melhor resultado.

O momento correto das aplicações é determinado pelas condições climáticas, presença e severidade da doença, idade da planta e eficiência dos fungicidas (YORINORI et al., 2004). As condições climáticas que devem ser observadas referem-se à temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, presença de orvalho e a ocorrência de chuvas logo após as aplicações (BOLLER et al., 2008). O manejo correto passa pelas estratégias de redução da dispersão de inóculo, uso da resistência parcial, fungicidas de maior eficácia e tecnologia de aplicação adequada aos sistemas de produção (JULIATTI et al., 2005).

Para Cunha (2010), a qualidade e otimização da aplicação é determinada por fatores como a escolha de fungicidas eficientes, momento ideal para aplicação, frequência suficiente de aplicações, volume de calda, tecnologia de aplicação ajustada ao alvo e cultura. Já as perdas de produtos são influenciadas pelas características de trabalho dos pulverizadores, pela velocidade do vento, evaporação, condições meteorológicas, estatura da cultura, arquitetura da planta, pilosidade e cerosidade das folhas, estágio de desenvolvimento e volume de aplicação (SOUZA et al., 2003). Portanto, a aplicação de produtos químicos ou biológicos no manejo de doenças ou pragas, deve ser realizada de maneira que a estrutura da planta, o espaçamento entrelinhas e a densidade de plantas não obstruam a penetração da gota ao alvo.

As aplicações preventivas têm se mostrado mais efetivas e por esta razão é grande a demanda por sistemas de aplicação eficientes e de alto desempenho operacional, visando o momento mais adequado (ANTUNIASSI, 2005). A penetração de gotas no dossel da cultura é aspecto fundamental para doenças que iniciam a patogênese nas folhas de baixo, (RAETANO, 2007).

A eficácia do tratamento depende não somente da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo. De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas. No caso de fungicidas, esta desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle de doenças (CUNHA et al., 2006).

De acordo com Ferreira e Oliveira (2008), o grande desafio a ser vencido pela tecnologia de aplicação, consiste em fazer com que as gotas atravessem a camada superior de folhas das plantas de soja e cheguem com condições de se distribuir, depositar e cobrir, adequadamente, todo o dossel.

## 2.6. Espectro de gotas

O espectro de gotas é a caracterização de uma pulverização, sendo feita em função dos diferentes tamanhos de gotas produzidas. Quando a pulverização produz gotas de tamanho semelhantes o espectro é considerado homogêneo, já com gotas produzidas de tamanhos distintos ele é chamado de heterogêneo (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para a classificação de um espectro de gotas produzido por um equipamento há necessidade de se conhecer as características médias dessas gotas. Para tanto, se utilizam os parâmetros estatísticos do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e o Diâmetro Mediano Numérico (DMN) que permitem expressar numericamente o tamanho e a uniformidade das gotas. O DMV representa o diâmetro da gota que divide o volume total em duas metades iguais, ou seja, metade do volume pulverizado é constituída por gotas menores que o DMV e a outra metade em gotas maiores que esse valor. Já o DMN corresponde ao diâmetro da gota que divide o número total de gotas em duas porções iguais, onde metade do número de gotas é maior que DMN e a outra metade é menor. Ambos os valores são expressos em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) (MATUO et al., 2001).

Para a aplicação de fungicidas, alguns autores recomendam uma cobertura mínima de 30 a 40 gotas  $\text{cm}^{-2}$  e tamanho de gotas entre 200 a 300  $\mu\text{m}$  (OZKAN et al., 2007; VÁSQUES MINGUELA e CUNHA, 2010). Para Yu et al. (2009), o tamanho de gotas é reconhecido como um dos parâmetros mais importantes que influenciam no controle de pragas e doenças. Segundo Paulsrud e Montgomery (2005), a meta da aplicação de fungicidas é produzir um tamanho de gotas que possibilite um bom equilíbrio da cobertura, penetração e deposição de gotas.

Desta forma, as gotas devem ser grandes o suficiente para depositar no alvo sem evaporar na aplicação e pequenas o suficiente para proporcionar cobertura suficiente de ingrediente ativo do alvo (REICHARD et al., 1977), levando em consideração que o tamanho da gota diminui devido a evaporação à medida que aumenta a temperatura do ar e diminui a umidade relativa (SOUZA e PALLADINI, 2007).

## 2.7. Ponta de pulverização

A ponta de pulverização é responsável pela vazão, pelo tamanho de gotas e pela distribuição na forma do jato emitido (CHRISTOFOLETTI, 1999). As pontas juntamente

com as peneiras fazem parte dos componentes do bico, onde o líquido sob pressão passa pela peneira e por fim o orifício da ponta, produzindo uma película que vai aumentando gradativamente a sua superfície e conseqüentemente diminuindo a espessura, até romper-se em pequenas gotas (MATUO et al., 2001).

A seleção das pontas de pulverização serve para adequar o pulverizador ao tipo de aplicação que será realizada, buscando sempre aperfeiçoar o resultado biológico e a capacidade da máquina (BOLLER, 2006).

Conhecendo-se as pontas de pulverização pode-se obter uma melhor relação espaçamento, altura mínima em relação ao alvo que, dependendo da pressão de trabalho, deposite a calda de maneira mais uniforme (CUNHA e RUAS, 2006). Segundo Butzen et al. (2005), por controlar a quantidade e a uniformidade da aplicação, as pontas de pulverização determinam a cobertura das aplicações. Para a aplicação de fungicidas que devem vencer essa barreira vegetal, é indicado o uso de gotas de categoria fina até média (BROWN-RYTLEWSKI e STATON, 2006).

As pontas de jato defletor são de alta vazão e grande angulação, podendo chegar até a 130° o ângulo formado por seu leque de pulverização (MATUO et al., 2001) e apresentam espectro de gotas média e grossa com significativa redução no potencial de deriva das gotas (DEBORTOLI, 2011). Estas pontas têm sido muito utilizadas por apresentarem a característica de trabalharem em uma faixa ampliada de pressão e assim podendo produzir gotas menores com boa penetração no dossel da planta, entretanto, deve-se ter cuidado para não exceder o limite de pressão recomendado (OZKAN et al., 2007). Matuo et al. (2001) alerta para pressão de trabalho estabelecida pelos fabricantes, dizendo que o aumento da pressão acima da pressão recomendada, não leva necessariamente as gotas a uma distância maior, podendo acontecer inclusive o inverso, ou seja, aumentando a pressão, haverá a diminuição do tamanho das gotas, as quais terão pouco peso e a distância percorrida pelas mesmas diminuirá, não importando a força com que sejam lançadas.

## **2.8. Análise de deposição de calda de pulverização**

As informações sobre a eficiência da aplicação devem incluir informações sobre a quantidade e distribuição dos produtos no alvo (NORDBY, 1989). Palladini et al. (2005), afirmam que métodos que permitem a determinação simultânea de distribuição e quantidade de depósitos de pulverização, são as melhores ferramentas para avaliar a eficiência dos tratamentos fitossanitários.

Yates e Akesson (1963), ao testarem traçadores fluorescentes em análises quantitativas, definiram que soluções traçadoras devem ser sensíveis à detecção, possibilitar o uso em análise quantitativa com rapidez, ser solúveis quando misturadas à calda, com efeito físico mínimo na pulverização e menor evaporação das gotas, ter propriedades distintas para se diferenciar de outras substâncias e ser estáveis, atóxicas e de baixo custo.

Hayden et al. (1990), citados por Palladini et al. (2005), com o objetivo de comparar duas condições de trabalho em alvo natural, utilizando uma mesma solução para determinar a quantidade depositada em cada teste, escolheram dois corantes alimentícios solúveis em água, Amarelo Crepúsculo (FD&C Yellow nº 6) e Azul Brilhante (FD&C Blue nº1), para leituras em duas faixas distintas 482 e 630 nanômetros, respectivamente. Concluíram que os métodos foram precisos e baratos para as pesquisas de avaliações de depósitos em plantas.

Segundo Scudeler et al. (2004), os valores de absorvância, quando relacionados a diferentes concentrações do corante azul brilhante, permite o estabelecimento de uma equação de reta linear, indicando a concentração do corante capturado pelo alvo durante a aplicação, ao correlacionar a concentração do corante, na solução de lavagem das amostras, com a obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume retido no alvo.

De acordo com Pinto et al. (2007), o traçador Azul Brilhante é estável por um período de 5 horas de exposição solar e Palladini (2000) constatou que esse corante não interfere nas características físicas da calda, podendo ser utilizado como traçador para simulação da aplicação de produtos fitossanitários.

Assim, o uso de substância traçadora se torna muito atrativo, em virtude da facilidade de visualização ou remoção das folhas ou alvos coletores diretamente pela utilização de água (BAUER, et al., 2008).

Para as avaliações de aplicações de calda de pulverização, Balan et al. (2011) recomendaram que a metodologia deve conter informações fundamentais para a segurança e eficiência na aplicação de produtos fitossanitários, possibilitando a repetitividade, contendo as informações sobre o produto aplicado, a taxa aplicada, a pressão de trabalho, o agente diluente, a fase de aplicação, o objetivo do tratamento, a atuação do produto, a data e horário, o cultivo e seu estágio, a descrição do alvo, o modelo da ponta, ângulo de descarga, o DMV, a descrição do equipamento, as condições climáticas.

Desta forma, o sucesso na aplicação de produtos fitossanitários está ancorado no monitoramento do movimento das doenças na área, eficiência no momento de aplicação, utilização de fungicidas com maior residual, boa cobertura da aplicação e em muitos casos reaplicação. Nesse conceito, a tecnologia de aplicação assume importante papel na eficácia de

fungicidas para o manejo da ferrugem da soja (BUTZEN et al. 2005a; BUTZEN et al., 2005b).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local do experimento

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Anápolis-GO da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária-EMATER, com latitude Sul de 16°19'48", longitude Oeste de 48°18'23" e altitude média de 1050 m. O clima desta região é do tipo AW tropical úmido, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso. A distribuição das precipitações pluviométricas durante o período da condução do experimento em campo é apresentada na Figura 1 (GOIÁS, 2013).

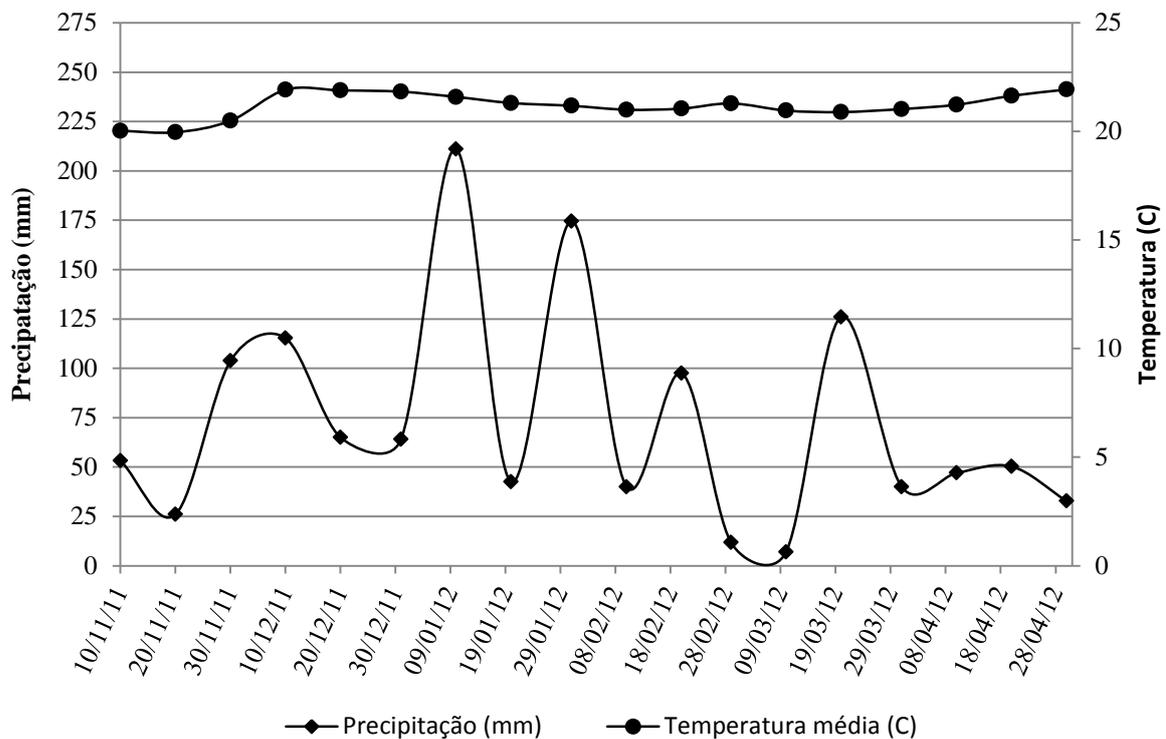


FIGURA 1 - Distribuição pluviométrica e temperatura média diária do ar, durante o período de experimentação em campo. Anápolis, GO, 2011/2012.

#### 3.2. Características do solo

O solo do local do experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com inclinação média de 4%. O experimento foi montado em área delimitada por terraços, composta por quatro blocos no sentido longitudinal dos terraços, com área adjacente aos

blocos também cultivados com soja até os limites dos terraços. A análise textural e composição química do solo são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 – Atributos Físicos e químicos de um Latossolo Vermelho distrófico, na camada de 0,0 a 0,30 m

<b>Textura (g Kg<sup>-1</sup>)</b>										
Areia					Argila			Silte		
450					440			110		
<b>cmolc dm<sup>-3</sup> (mE100<sup>-1</sup> ml)</b>					<b>mg dm<sup>-3</sup> (ppm)</b>			<b>g dm<sup>-3</sup></b>		
Ca	Mg	Al	H + Al	K	K	P(Mel.)	P(Resina)	S	M O	
1,40	0,60	0,00	3,10	0,15	60,00		8,10	5,00	24,00	
<b>Micronutrientes mg dm<sup>-3</sup> (ppm)</b>										
Na		Zn		B		Cu		Fe		Mn
3,00		1,60		0,19		4,90		41,10		8,50
<b>Dados complementares</b>										
CTC	Sat. Base	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	K/CTC	Mg/CTC	(H + Al)/CTC	pH	
5,260	41,12%	2,330	9,330	4,000	26,62%	2,85%	11,41%	58,94%	5,200	

Fonte: Laboratório de análise de solo Solocria, Goiânia-GO

### 3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro blocos, totalizando 48 parcelas experimentais. Foram avaliados os estandes de 160.000 e 240.000 plantas por hectare, nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e semeadura cruzado com espaçamento entrelinhas de 0,50 m, tanto na longitudinal como na perpendicular.

### 3.4. Cultivar

Foi utilizada a cultivar de soja BRS Valiosa RR, geneticamente modificada desenvolvida pelo Convênio Cerrados (Embrapa/Agência Rural/CTPA). Esta cultivar pertence a grupo de maturidade 8.1, com florescimento aos 55 a 56 dias, o ciclo total varia entre 115 a 140 dias (ciclo médio a semi-tardio em MG), com longo período juvenil, possui crescimento determinado, é resistente ao acamamento, com altura média de 0,71. Seu cultivo

é indicado para os estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Minas Gerais e Rondônia (EMBRAPA, 2010).

A soja BRS Valiosa RR é resistente ao cancro da haste (*Phomopsis phaseoli f. sp. Meridionalis* e *Diaporthe phaseolorum f. sp. Meridionalis*), à mancha “olho-de-rã” (*Cercospora sojina* (Hara) X.J. Liu & Y.I. Guo e *Cercospora daizu* (Miura)), à pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Glycines*), ao oídio (*Erysiphe diffusa*), ao vírus do mosaico comum da soja (VMCS) e ao nematóide de galhas (*Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*). É suscetível ao nematóide de cisto (*Heterodera glycines*) (EMBRAPA, 2011).

### 3.5. Manejo do solo e tratos culturais

A área experimental foi preparada pelo sistema convencional, com preparo realizado com arado de discos de 28” e uma gradagem leve com grade destorroadora-niveladora com disco de 18”. Os sulcos foram feitos com ferramenta própria (Figura 2a e 2b), seguida de adubação dentro do sulco, aplicando-se 450 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 08-20-20 + 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE. Para evitar o contato direto da semente com as partículas do fertilizante, este foi incorporado ao solo por uma segunda passada do mecanismo, paralela a primeira a uma distância aproximada de 0,03 m. As sementes foram depositadas no sulco a uma profundidade aproximada de 0,03 m. Tanto a adubação como a distribuição das sementes foram realizadas manualmente.

A quantidade de fertilizante por metro linear de sulco foi variável para atender os diferentes espaçamentos entrelinhas. Para tanto, foi pesada em potes de plástico e distribuída em cada linha (Figura 2c).

A semeadura foi realizada no dia 14 de novembro de 2011, usando para a distribuição equidistante das sementes nas linhas de cada parcela, fita de poliéster, devidamente marcada para delimitar a distância entre sementes.



FIGURA 2 – Implantação das parcelas: a) ferramenta utilizada na abertura do sulco; b) abertura do sulco; c) distribuição do fertilizante.

As sementes foram tratadas com inseticida Friponil na dose de 200 mL por 100 Kg de sementes, fungicida carboxina + tiram na dose de 250 mL para 100 Kg de sementes e inoculadas com bactéria do gênero *Bradyrhizobium* na dose de 150 mL do produto comercial para 50 Kg de sementes, conforme recomendação.

Para controle de plantas daninhas foram feitas duas aplicações de herbicida glifosato, com a primeira aplicação 15 dias após a emergência (DAE) na dose de 2 L ha<sup>-1</sup> e a segunda aplicação 30 DAE na dose de 1,5 L ha<sup>-1</sup>. Para o controle de insetos, foi realizada uma aplicação de tiametoxam + lambda-cialotrina, na dose de 150 mL ha<sup>-1</sup>, aos 36 DAE.

Para controle preventivo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), foram realizadas três aplicações preventivas de fungicida azoxistribina + ciproconazol na dose de 300 mL ha<sup>-1</sup> do produto comercial. A primeira aplicação foi realizada aos 60 DAE, a segunda aos 79 DAE e a última aos 100 DAE. Na área experimental não foram verificadas a ocorrência destes patógenos.

### 3.6. Unidade experimental e densidade populacional

A área experimental foi constituída de quatro blocos montados no sentido longitudinal aos terraços. Cada bloco foi composto por doze parcelas, as quais foram constituídas linhas de cultivo de 5,0 m de comprimento no mesmo sentido ao bloco, e 3,0 m de largura.

A área útil das unidades experimentais foi variável atendendo os diferentes espaçamentos, sendo eliminada uma linha de cada lado e 0,5m na extremidade longitudinal de cada tratamento como bordadura (Tabela 2).

TABELA 2 – Número teórico de plantas por dez metros, distância entre plantas, quantidade de linhas úteis e área útil para cada tratamento, para obtenção dos arranjos espaciais implantados na área experimental

Estande (plantas/ha)	Espaçamento entrelinhas (m)	Densidade (plantas/10m)	Distância entre plantas (m)	Linhas úteis	Área útil (m <sup>2</sup> )
160000	0,30	48	0,208	9	10,8
160000	0,40	64	0,156	6	9,6
160000	0,50	80	0,125	5	10
160000	0,60	96	0,104	4	9,6
160000	0,70	112	0,089	3	8,4
160000	Cruzado	40	0,250	5	10
240000	0,30	72	0,139	9	10,8
240000	0,40	96	0,104	6	9,6
240000	0,50	120	0,083	5	10
240000	0,60	144	0,069	4	9,6
240000	0,70	168	0,060	3	8,4
240000	Cruzado	60	0,167	5	10

Ao final de todos os tratamentos culturais e antes da colheita da área útil, foi contado o número de plantas em uma das linhas de cultivo de cada parcela e feito o cálculo da média, que resultou nos estandes finais de 155.354 e 232.728 plantas por hectare.

### 3.7. Caracterização da aplicação

Para a aplicação da calda de pulverização foi utilizada uma barra de aplicação pressurizada com CO<sub>2</sub>, munida de quatro bicos espaçados entre si de 0,5m, com ponta de aplicação do tipo jato plano defletor, modelo TT11002 da marca Teejet, com a aplicação de

180 L ha<sup>-1</sup>, à pressão de 320 KPa, a média das velocidades de aplicação foi de 5,7 km h<sup>-1</sup>. A altura de trabalho em relação à cultura foi de 0,50 m.

A aplicação com a solução traçadora foi realizada aos 102 DAE. Durante a aplicação da calda foi monitorada a temperatura do ar e umidade relativa do ar, utilizando termohigrômetro digital Marca Minipa, modelo MT-240, e a velocidade do vento com a utilização de anemômetro digital Marca Minipa, modelo MDA-II, obtendo as médias apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Condições climáticas durante a aplicação da calda de pulverização.

	Mínima	Máxima	Média
Temperatura do ar (°C)	27,1	30,0	28,76
Umidade relativa do ar (%)	41,0	47,0	43,80
Velocidade do vento (m s <sup>-1</sup> )	1,09	1,86	1,34

### 3.8. Colheita do experimento

A colheita das parcelas foi realizada nos dias 28 e 29 de abril de 2012, sendo que anteriormente foram colhidas as plantas que faziam parte da bordadura. As plantas que ocupavam a área útil de cada parcela foram colhidas manualmente.

### 3.9. Características avaliadas

#### 3.9.1. Tempo de fechamento e porcentagem de fechamento

O tempo de fechamento foi obtido pela contagem em dias, correspondendo ao período necessário para que ocorresse 100% do fechamento das entrelinhas. A porcentagem de fechamento foi quantificada nas parcelas que não tiveram total fechamento, através de imagens digitais, obtidas com máquina fotográfica marca *Sony*, modelo *Cyber-Shot*, com resolução de 7,2 megapixels. A área não coberta pelas folhas foi identificada com o uso do programa computacional “*AFSOft*” desenvolvido e disponibilizado pela EMBRAPA (2012) e o percentual de fechamento com o programa computacional de processamento e análise de imagem em Java, “*ImageJ*” (NIH, 2012), conforme Figura 3.



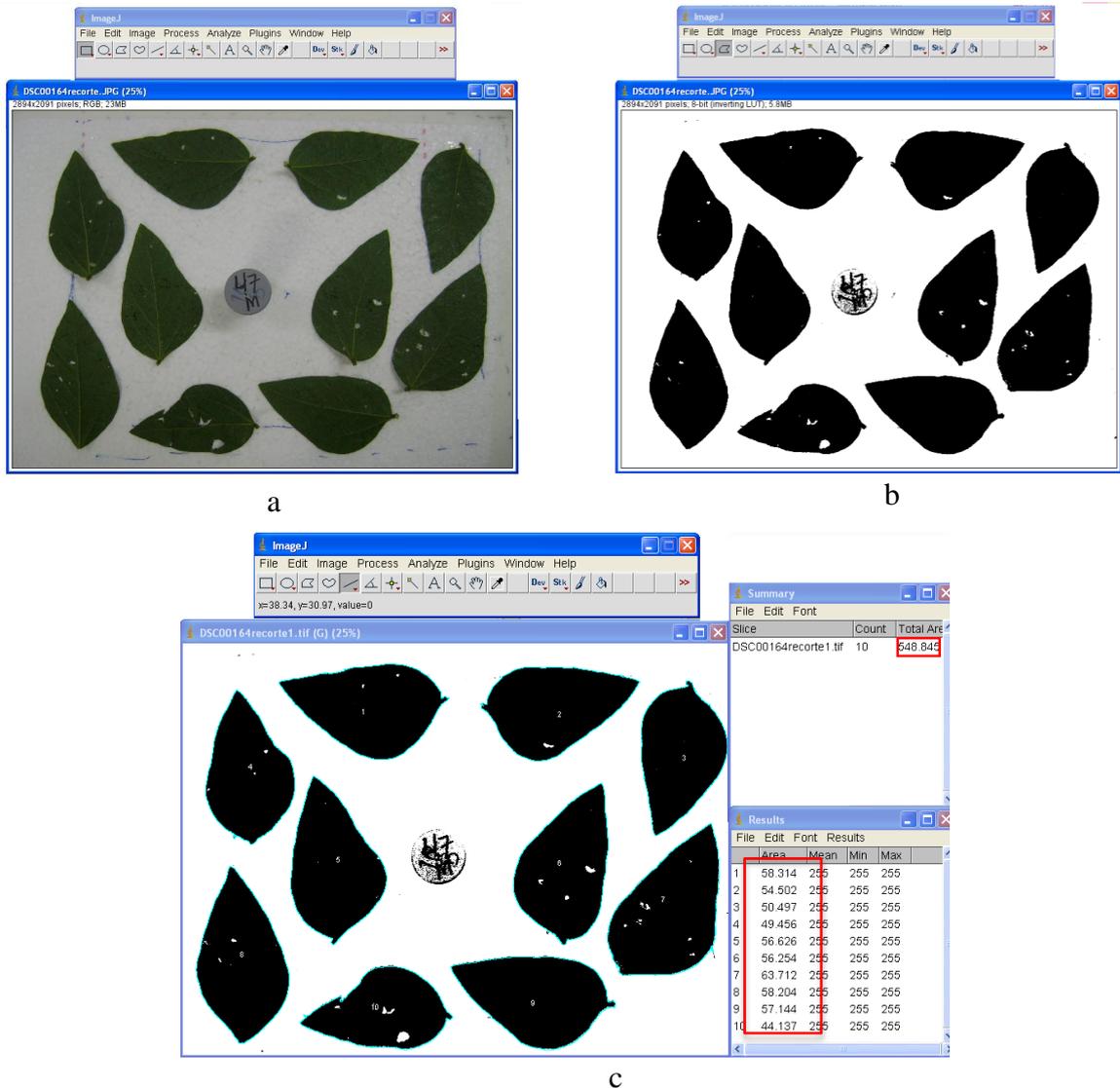


FIGURA 4 - Procedimento para medir a área foliar ( $\text{cm}^2$ ) utilizando o programa computacional *ImageJ*: a) imagem da folhas prontas para serem medidas; b) imagem binarizada; c) interface de saída dos resultados.

### 3.9.3. Índice de área foliar (IAF) em R1

O índice de área foliar é a relação entre o somatório da área das folhas de uma planta e a superfície do solo que ela ocupa. Foi obtida utilizando a Equação 1.

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF} \times \text{ST}}{10000}$$

Equação 1

Onde:

IAF = índice de área foliar;

AF = média da área foliar das plantas de soja avaliadas ( $\text{m}^2$ );

ST = estande final de plantas por hectare.

#### 3.9.4. Altura em R1

Considerou-se a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal. Foi utilizada régua graduada em milímetro e medida nas mesmas plantas utilizadas para mensurar a área foliar e o índice de área foliar, sendo que para as análises estatísticas foi usado o valor médio da altura de três plantas retiradas de cada parcela.

#### 3.9.5. Depósito do traçador

Para estudo de deposição da calda pulverizada, foi quantificado um traçador, formando uma solução traçadora constituída de água e corante alimentício Azul Brillante (Corante Azul FCF, Duas Rodas Industrial), catalogado internacionalmente pela *Food, Drug & Cosmetic* como *FD&C Blue* nº 1, na dose de 0,340 kg ha<sup>-1</sup>, conforme metodologia adaptada de Palladini et al. (2005).

Para a avaliação da deposição nos terços superior, médio e inferior da soja foram coletadas ao acaso duas folhas de cada terço da planta, em cinco plantas diferentes por parcela, respeitando a área útil. As folhas foram armazenadas de acordo com o terço correspondente de cada parcela, em sacos de plástico, e em seguida transportados para o laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, onde foi removido o depósito das folhas usando-se 100 mL de água deionizada para cada parcela. Desta solução formada, foi quantificado o corante por absorbância em espectrofotometria, que consiste na determinação da concentração de uma substância pela medida da absorção relativa da luz. Para isso, foi usado um espectrofotômetro da marca Bioespectro, modelo SP-220, com lâmpada de tungstênio com vapor de halogênio e cubetas de vidro com caminho óptico de 10 mm, no comprimento de onda de 630 nm para o azul brilhante. Após a retirada do depósito das folhas, elas foram fotografadas e quantificadas sua área foliar. A máquina fotográfica utilizada foi da marca *Sony*, modelo *Cyber-Shot*, com resolução de 7,2 megapixels, à altura de 0,45m. A área foliar foi medida utilizando o programa computacional *ImageJ* (NIH, 2012) (Figura 4).

Para obtenção do depósito na planta, foi feita a curva de calibração do espectrofotômetro, a partir de soluções com concentrações conhecidas do corante, que gerou uma equação de regressão (Figura 5).

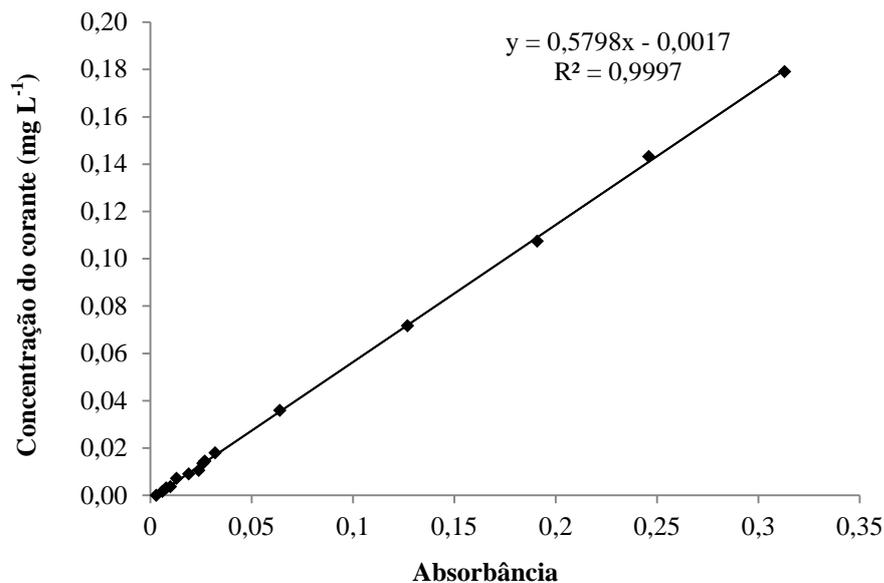


FIGURA 5 - Curva de calibração para concentrações conhecidas do corante Alimentício Azul Brillante (FD&C n° 1).

Os dados de absorbância foram transformados em concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e de posse da concentração inicial ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e do volume de diluição das amostras (100 mL), determinou-se o volume retido nos terços inferior, médio e superior, de acordo com a Equação 2. A partir deste resultado, dividiu-se o mesmo pelo valor da área foliar da amostra avaliada, obtendo-se, assim, a quantidade em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha.

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$C_i$  = concentração inicial na calda de aplicação ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$V_i$  = volume retido pelo alvo (mL);

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

$V_f$  = volume de diluição da amostra de cada folha (mL).

### 3.9.6. Espectro de gotas

Para a obtenção do espectro de gotas proporcionado pela ponta modelo TT11002 da marca Teejet, utilizou-se etiquetas de papel hidrossensível, com dimensões de 76 x 26 mm, da marca Syngenta (Figura 6a, 6b e 6c). Foram colocadas três etiquetas por parcela, em alturas definidas de acordo com a altura da cultura em cada tratamento, utilizando-se uma haste metálica colocada em meio à linha de cultivo (Figura 6d), fixando as etiquetas no terço

inferior, médio e superior. Logo após a aplicação em cada bloco as etiquetas foram coletadas e protegidas dentro de envelopes de papel, devidamente identificados, sendo então levados para o Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, onde foram escaneadas utilizando a resolução de 600 dpi, em scanner marca Epson, modelo TX200. A análise das etiquetas de papel hidrossensível foi feita utilizando o programa computacional “CIR” (Conteo y tipificación de impactos de pulverización) versão 1.5/2002.

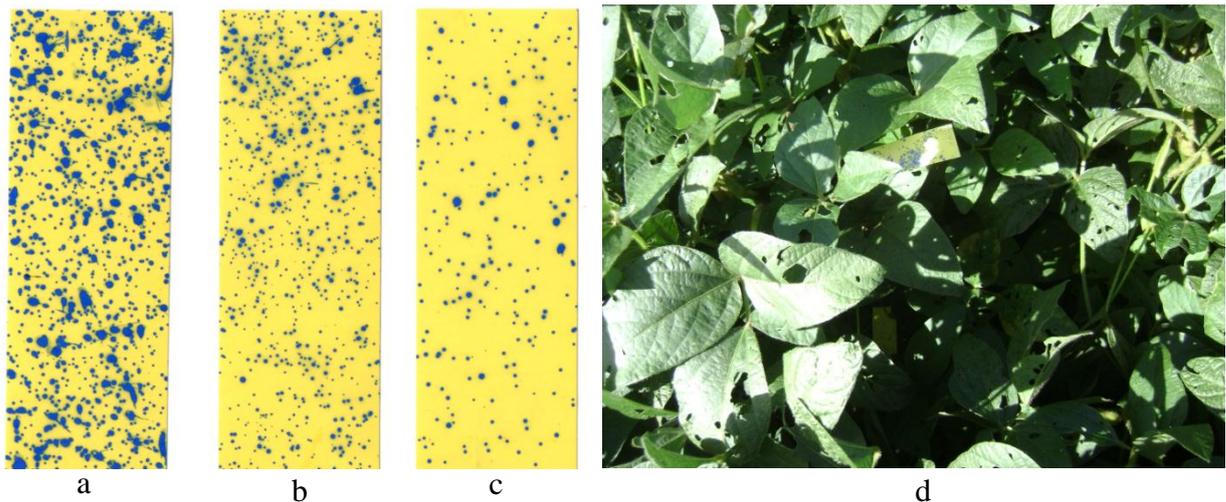


FIGURA 6 - a) etiqueta de papel hidrossensível do terço superior; b) terço médio; c) terço inferior; d) disposição das etiquetas no dossel da soja.

### 3.9.7. Altura final da soja

Considerou-se a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal. Foi utilizada régua graduada em milímetro e medida em cinco plantas de cada parcela, entretanto, para as análises estatísticas foi usado o valor médio.

### 3.9.8. Altura de inserção da primeira vagem nas plantas de soja

A altura de inserção da primeira vagem foi determinada entre a distância compreendida da superfície do solo e a primeira vagem inserida na planta nas mesmas planta em que foi medida a altura final, usando régua graduada em milímetro.

### 3.9.9. Produtividade de grãos de soja

Toda a área útil de cada parcela foi colhida manualmente e após trilhada, seus grãos foram pesados e determinada a sua umidade. Posteriormente, o valor da massa obtida foi transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$ , com sua umidade corrigida para 13% em base úmida.

### 3.9.10. Desenvolvimento de plantas daninhas reinfestantes

O desenvolvimento de plantas daninhas reinfestantes foi avaliado logo após a colheita dos grãos, lançando-se sobre a área central de cada unidade experimental uma armação retangular de  $2 \times 0,5\text{m}$  ( $1\text{m}^2$ ), construída de madeira e cordão de *nylon*. As plantas daninhas de dentro da armação foram cortadas rente ao solo e levadas ao laboratório, onde foram colocadas em câmara de circulação forçada de ar a  $65^\circ\text{C}$  por 72 horas, para determinação da matéria seca, a qual após a pesagem, o seu valor foi convertido para quilograma de matéria seca por hectare.

## 3.10. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Hartley para verificar a condição de homocedasticidade e, após foi realizada a análise de variância aplicando-se o teste F, a 5% de probabilidade. Quando significativos, suas médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa computacional SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados possibilitou verificar um comportamento diferenciado da cultura da soja nos arranjos espaciais e em relação à tecnologia de aplicação sobre o dossel. Os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias estatísticas relativas às variáveis analisadas são apresentados nos Apêndice A.

##### 4.1. Tempo de fechamento e porcentagem de fechamento das entrelinhas

Para a análise de variância do tempo de fechamento das entrelinhas, foram utilizados somente os tratamentos em que todas as parcelas tiveram 100% de fechamento, o que ocorreu nos tratamentos com os espaçamentos de 0,3; 0,4; 0,5 m e 0,5 m em plantio cruzado. O tempo de fechamento apresentou diferenças significativas para o estande, bem como para o espaçamento, mas não foi verificada a interação entre os fatores.

Tanto tempo de fechamento, como a porcentagem de fechamento das entrelinhas foram comprometidos pelo aumento do espaçamento, resultando em diferença significativa entre os espaçamentos de 0,30 m e 0,50 m, com menor valor para o menor espaçamento entrelinhas, além dos espaçamentos de 0,60 e 0,70 m não terem atingido 100% de fechamento (Tabela 4). O estande de 240000 plantas apresentou fechamento mais rápido.

TABELA 4 - Médias do tempo de fechamento e porcentagem de fechamento das entrelinhas da cultura da soja para os estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e plantio cruzado (0,5 x 0,5) m

Espaçamento	Tempo de fechamento (dias)			Porcentagem de fechamento (%)		
	ES1	ES2	Média	ES1	ES2	Média
0,30 m	57,75	53,75	55,75 b	100	100	100 a
0,40 m	61,00	56,00	58,50 ab	100	100	100 a
0,50 m	64,50	60,00	62,25 a	100	100	100 a
0,5 x 0,5	59,00	60,00	59,50 ab	100	100	100 a
0,60 m	s.f.	s.f.	s.f.	99,96	98,50	99,21 a
0,70 m	s.f.	s.f.	s.f.	96,93	97,15	96,85 b
Média	60,56 A	57,43 B	59,00	99,41	99,27	99,34

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. sf.: não atingiu 100% de fechamento em todas as parcelas

Os resultados encontrados concordam com outros trabalhos em que os maiores espaçamentos não atingiram 100% de fechamento, como: Heiffig et al. (2006) nos espaçamentos de 0,60 e 0,70 m, Knebel et al. (2006) no de 0,675 m e Heitholt et al. (2005) no de 0,71 m. Mas o não fechamento total das entrelinhas no espaçamento de 0,60 m contrasta com experimentos realizados por Fiorin (2009), indicando diferenças entre cultivares em relação à adaptação ao espaçamento ampliado.

Os valores encontrados para a porcentagem de fechamento nos espaçamentos de 0,60 e 0,70 m foram muito próximos a 100%, isto pode ser explicado pela emissão de ramos laterais. Nestes casos, o desenvolvimento de maior número de ramos laterais é responsável pela plasticidade da cultura da soja.

#### **4.2. Área foliar, índice de área foliar e altura da soja em R1**

A redução na população de plantas resultou em maior área foliar por planta de soja no estádio R1. A superioridade da média da área foliar para o estande de 160000 plantas é indicativo da adaptação da planta ao maior espaço disponível para seu crescimento, devido aos aspectos morfológicos e fisiológicos envolvidos na interceptação da luz.

De acordo com Heiffig et al. (2006), a área foliar da soja é determinada pelo tamanho, número de folhas e pela taxa de senescência. O número de folhas por sua vez, depende da taxa de desenvolvimento e da manutenção destas folhas verdes na haste e nos ramos laterais.

Desta forma a ocupação do espaço pela planta é orientada pelo maior número de folhas e/ou de ramos laterais, oriundos principalmente do arranjo espacial, pois a distribuição de determinado número de plantas em espaçamentos diferentes dentro de uma área é feito pela relocação das plantas na linha de cultivo.

As diferenças encontradas para a área foliar não foram suficiente para compensar integralmente a ocupação do espaço pela planta, uma vez que foi verificada diferença significativa no índice de área foliar (IAF), sendo encontrado menor valor para os tratamentos com 160000 plantas. A redução IAF ocorreu em função do menor número de plantas por hectare, sem que houvesse interferência do espaçamento.

Os resultado encontrado para o IAF concordam com Fiorin (2009) e Heiffig et al. (2006) que observaram maiores índices médios nas maiores populações de plantas. Mas foram contraditórios aos resultados de Fiorin (2009), Heiffig et al. (2006) e Pires et al. (1998) quanto ao efeito do estande. De acordo com estes autores o índice de área foliar diminui com o aumento do espaçamento.

No presente estudo, as médias do IAF não apresentaram qualquer relação com o espaçamento (Tabela 5), mas próximo ao intervalo ideal descrito por Liu et al. (2008). Estes autores afirmaram que para se obter melhor eficiência na interceptação de luz pelo dossel e para que não ocorra problemas de falhas no fechamento da cultura, ou de sombreamento excessivo das folhas, o IAF da soja deve estar entre 3,5 e 4. Em termos de aplicação de agrotóxico, os valores encontrados podem ser considerados favoráveis à aplicação de produtos fitossanitários, pois de acordo com Boller et al. (2007), o IAF superior a 5,0 a partir dos estádios reprodutivos é desfavorável à penetração das gotas de uma pulverização no interior do dossel da cultura. Outros autores também relacionaram a importância do IAF no momento das aplicações, afirmando que elevado IAF impede a passagem das gotas ao terço inferior do dossel (TORMEN, 2012; DEBORTOLI, et al., 2012; WOLF e DAGGUPATI, 2009; GAZZIERO et al., 2006; OZKAN et al. 2006).

TABELA 5 – Médias da área foliar em R1, índice de área foliar em R1 e altura da soja em R1 para os estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 e 0,50 m em plantio cruzado

Espaçamento	Área foliar (m <sup>2</sup> )			IAF			Altura em R1 (m)		
	ES1	ES2	Média	ES1	ES2	Média	ES1	ES2	Média
0,30 m	0,21	0,19	0,20	3,33	4,34	3,84	0,62	0,65	0,63 b
0,40 m	0,23	0,18	0,20	3,54	4,16	3,85	0,59	0,68	0,64 b
0,50 m	0,23	0,21	0,22	3,64	4,84	4,24	0,63	0,69	0,66 ab
0,5 x 0,5	0,21	0,19	0,20	3,27	4,30	3,79	0,64	0,65	0,64 b
0,60 m	0,22	0,18	0,20	3,41	4,19	3,80	0,69	0,74	0,71 a
0,70 m	0,24	0,19	0,21	3,54	4,27	3,91	0,69	0,70	0,70 ab
Média	0,22 A	0,19 B	0,21	3,45B	4,35A	3,90	0,65B	0,68A	0,67

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à produtividade, Heiffig (2002) obteve correlações lineares simples positivas IAF, e Alessio (2008) salienta que uma planta com elevado IAF mesmo que muito doente pode produzir mais que uma planta com IAF menor e área foliar sadia.

Na avaliação da altura das plantas em R1, foram encontradas diferenças significativas tanto em função do estande de plantas, como também para o espaçamento entrelinhas, mas não foi verificada a interação dos fatores. As maiores alturas foram encontradas para os tratamentos que apresentavam maiores densidade de plantas por metro linear, tanto formada pelo maior estande de plantas (240000), como pelos maiores espaçamentos entrelinhas (0,60 e 0,70m).

Estes resultados concordam com Tourino et al. (2002), Câmara (1998) e Martins et al. (1999), alterando-se a densidade de semeadura, altera-se a densidade de plantas na linha e modifica-se a altura da planta. A competição entre as plantas de soja pelos fatores do ambiente irá determinar maior ou menor porte de planta e o maior ou menor número de ramificações.

A variação na altura de planta ocorre em função de vários fatores como o espaçamento entre e dentro das fileiras de plantas, disponibilidade hídrica, temperatura, fertilidade do solo, fotoperíodo e época de semeadura, entre outras condições.

Desta forma, as maiores alturas registradas em R1 devem ser avaliadas com cautela, pois podem significar melhores condições de produtividade ou maior probabilidade de acamamento, momento em que pode ser analisada a possibilidade da interferência com a aplicação de fitorregulador.

### **4.3. Deposição da calda pulverizada**

A análise de variância para a deposição de calda mostrou influência significativa para a fonte de variação espaçamento no terço inferior. A maior quantidade de calda depositada no terço inferior foi encontrada na soja cultivada em plantio cruzado, apresentando maior valor comparado ao espaçamento de 0,30 m, os outros espaçamentos apresentaram valores semelhantes, conforme Tabela 6. A razão de deposição entre o terço superior e inferior do dossel apresentou diferenças significativa em função do espaçamento. A menor razão de deposição foi encontrada para o plantio cruzado, que diferiu estatisticamente do espaçamento 0,30 m, que obteve o menor resultado tanto na deposição no terço inferior, como também a maior razão de deposição.

Os resultados da deposição estão apresentados na Tabela 6, onde além das diferenças estatísticas, é possível observar que as médias da deposição seguem uma tendência de maior depósito nos maiores espaçamento, acompanhada de menor a razão de deposição.

A maior deposição no terço inferior encontrada no plantio cruzado possivelmente ocorreu pela adaptação deficiente da cultivar a este tipo de arranjo, que pode ser comprovado observando a sua menor altura em R1, além de ter numericamente a menor área foliar e o menor IAF. Analisando os resultados dos demais arranjos espaciais, é possível verificar deposição numericamente superior nos tratamentos com maior espaçamento entrelinhas, com destaque para a deposição no terço inferior para o espaçamento de 0,70 m, que foi 79,5% maior em relação ao resultado obtido no espaçamento de 0,30.

Da mesma forma, Madalosso et al. (2010), em estudo específico com ferrugem asiática, verificaram que o espaçamento das entrelinhas de 0,60 m proporcionou menores valores da ferrugem asiática acumulada e maior produtividade em relação aos espaçamentos de 0,50 e 0,40 m, atribuindo este resultado ao fato de que o aumento do espaçamento das entrelinhas otimiza a eficiência dos programas de controle sobre o alvo, explicado pela maior exposição das folhas do terço médio e inferior à penetração e cobertura de gotas pulverizada. Já Ferreira (2012) e Debortoli (2011), avaliando aplicações realizadas antes do fechamento na cultura da soja, concluíram que aplicação neste momento encontra condições mais favoráveis para a penetração, com aumento da taxa de deposição no terço inferior, possibilitando maior proteção do tecido vegetal. Este manejo descreve a aplicação de produtos fitossanitários quando ocorre o início do toque entre folíolos. Estes resultados concordam com Ferreira (2009), Ramos et al. (2009) e Zambolim (2006) que concluíram que o maior espaçamento das entrelinhas de cultivo permite melhor distribuição de calda de pulverização, facilitando o manejo das doenças.

TABELA 6 – Médias da deposição de calda de pulverização ( $\mu\text{l cm}^{-2}$ ) no terço superior, médio inferior do dossel da cultura da soja e razão de deposição para os estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e 0,50 m em plantio cruzado

Espaçamento	Deposição no terço superior			Deposição no terço médio		
	ES1	ES2	Média	ES1	ES2	Média
0,30 m	0,412	0,386	0,399	0,179	0,212	0,196
0,40 m	0,396	0,378	0,387	0,212	0,232	0,222
0,50 m	0,418	0,376	0,395	0,187	0,255	0,221
0,5 x 0,5	0,394	0,357	0,375	0,214	0,170	0,192
0,60 m	0,352	0,359	0,355	0,229	0,180	0,205
0,70 m	0,403	0,380	0,392	0,212	0,231	0,222
Média	0,396	0,372	0,384	0,206	0,213	0,209
	Deposição no terço inferior			Razão de deposição		
0,30 m	0,069	0,096	0,083 b	6,47	4,14	5,30 b
0,40 m	0,088	0,116	0,102 ab	4,50	3,48	3,99 ab
0,50 m	0,119	0,119	0,119 ab	4,00	3,64	3,82 ab
0,5 x 0,5	0,140	0,157	0,149 a	2,95	2,70	2,83 a
0,60 m	0,116	0,113	0,114 ab	3,27	3,21	3,24 ab
0,70 m	0,160	0,104	0,132 ab	2,72	4,05	3,39 ab
Média	0,115	0,117	0,116	3,99	3,54	3,76

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observando que a área foliar e o IAF não sofreram efeito do espaçamento entrelinhas, e que as diferenças encontradas para o efeito dos estandes no IAF foi de pequena magnitude, justifica-se encontrar maior deposição de calda de pulverização no plantio cruzado e nos maiores espaçamentos, por possível alteração na arquitetura das plantas com efeito na distribuição das folhas e/ou pelo não fechamento total das entrelinhas.

Os maiores espaçamentos proporcionaram menor barreira à passagem das gotas ao terço inferior. Nestes arranjos, as folhas ficam mais bem distribuídas ao longo da haste principal da planta, enquanto nos espaçamentos reduzidos, a maioria das folhas está disposta na parte superior da planta em busca da maior quantidade de radiação solar, aumentando o efeito “guarda-chuva” durante as aplicações. Este foi possivelmente o fator que mais favoreceu a deposição do terço inferior.

De acordo com Tormen et al. (2012), a cobertura das folhas baixas da planta é extremamente dependente do IAF e da arquitetura da cultivar no momento da aplicação, uma vez que as folhas da parte superior do dossel interceptam boa parte das gotas pulverizadas e impedem que as folhas baixas recebam a mesma quantidade de ingrediente ativo.

Neste estudo foi verificada a menor razão de deposição no plantio cruzado, que diferiu estatisticamente do espaçamento de 0,30 m, não sendo verificadas diferenças entre os demais tratamentos. A razão de deposição entre o terço superior e inferior é um índice que expressa a diferença na cobertura entre os terços do dossel da cultura. Menor razão indica melhor distribuição de calda de pulverização ao longo da planta.

A menor razão de deposição pode ocorrer devido a uma menor deposição no terço superior ou a uma maior deposição no terço inferior, bem como aos dois fatores. No presente estudo, não foram constatadas diferenças significativas da deposição no terço superior, portanto a menor razão de deposição ocorreu pela maior deposição no terço inferior.

Debortoli et al. (2006), afirmaram que um arranjo espacial mais adequado proporciona maior interceptação da radiação solar bem como penetração e cobertura do fungicida refletindo em maior produtividade, além de maior arejamento das entrelinhas que impede a formação do microclima favorável a aderência e germinação do esporo, aliado ao fato da folha fotossinteticamente ativa, manter suas defesas, retardando a infecção por parte do patógeno.

Neste estudo os maiores volumes de calda depositados foram encontrados para o plantio cruzado e para os espaçamentos maiores, independente do estande, bem como as menores razões de deposição. Os resultados encontrados são indicativos de que se alterando o

arranjo espacial das plantas de soja, ocorrem mudanças na arquitetura das plantas, que foram favoráveis à técnica utilizada na aplicação.

De acordo com estes resultados, pode ser indicada a utilização de arranjo espacial para aumentar o tempo de fechamento e/ou reduzir o fechamento total das entrelinhas da soja, com respaldo indicativo de melhor e maior controle das doenças de baixeiro com a aplicação de produtos fitossanitários. Contudo, as cultivares possuem características peculiares em relação à sua arquitetura e variam conforme a época de semeadura, condições ambientais, arranjo espacial, população e estágio de desenvolvimento, de forma que é necessária uma análise detalhada para cada cultivar em função destes fatores para que seja possível adequar o arranjo espacial em benefício da qualidade de aplicação dos produtos fitossanitários.

#### **4.4. Espectro de gotas**

Na avaliação do espectro de gotas (Tabela 07), não foram encontradas diferenças significativas para os diferentes estandes e espaçamentos entrelinhas, mas foram verificadas diferenças entre os terços do dossel.

O fato de não terem sido verificadas diferenças significativas para o volume retido e área atingida pelas gotas para os diferentes arranjos, pode ser atribuída à metodologia que utiliza etiquetas de papel hidrossensível. Esta metodologia apresenta um alto coeficiente de variação devido suas dimensões de amostragem, mas é a que mais se aproxima da folha. Com relação ao diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro mediano numérico (DMN), ambos dependem mais das características da ponta selecionada, do que do arranjo espacial.

O resultado médio obtido para o DMV classifica as gotas como médias (WILKINSON et al., 1999) e apresenta-se compatível para com a aplicação de fungicida sistêmico (MÁRQUEZ, 1997; OZKAN et al. 2007; VÁSQUES MINGUELA e CUNHA, 2010).

De acordo com Cunha et al., (2003), para uma aplicação adequada de produtos fitossanitários é necessário conhecer o espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, para garantir, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental, de acordo com as condições meteorológicas. Ruas (2007) acrescentou que para monitorar e avaliar a qualidade de uma pulverização é importante caracterizar o espectro e a população de gotas produzidas para selecionar a tecnologia de aplicação ao controle desejado. Segundo Paulsrud e Montgomery (2005), a tecnologia de aplicação de fungicidas tem como objetivo produzir um tamanho de gotas que possibilite bom equilíbrio entre cobertura de plantas, penetração no dossel e deposição de gotas nas folhas.

TABELA 7 – Médias do espectro de gotas produzidas pela ponta de pulverização TT 11002 nos terços superior, médio e inferior do dossel da soja: diâmetro médio volumétrico (DMV), diâmetro médio numérico (DMN), porcentagem de impactos menores que 100  $\mu\text{m}$ , porcentagem da área atingida, volume retido ( $\mu\text{L}$ ) e coeficiente de variação (CV)

Terço	DMV ( $\mu\text{m}$ )	DMN ( $\mu\text{m}$ )	< 100 $\mu\text{m}$ (%)	Área atingida (%)	Volume
Superior	252,68 a	105,77	17,19 a	18,93 a	0,67 a
Médio	205,77 b	98,45	9,06 b	8,02 b	0,25 b
Inferior	175,08 c	95,48	7,07 b	2,35 c	0,06 c
Média	211,17	99,57	11,33	9,77	0,32
CV (%)	24,95	23,04	102,64	46,91	53,74

Médias seguidas da mesma letra minúscula distinta na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados neste trabalho para a porcentagem de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  sugerem que a ponta de pulverização TT 11002 oferece segurança contra a deriva. A interpretação dos dados de porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$ , permitem que se estime o potencial de deriva da aplicação. Quanto menor for essa porcentagem, menor o risco de deriva do agrotóxico durante a aplicação. De acordo com Cunha (2004), porcentagem inferior a 15% do volume pulverizado em gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  seria mais adequada para uma aplicação segura. Contudo, Yarpuz-Bozdogan e Bozdogan (2009) afirmaram que gotas menores são desejáveis para uma melhor cobertura e distribuição uniforme.

Desta forma, a porcentagem de gotas menores de 100  $\mu\text{m}$  deve ser avaliada com muita cautela, porque existe um limite estreito entre o tamanho de gotas que promove boa cobertura e suscetibilidade a deriva. Segundo Matthews (2000), as gotas pequenas têm tempo de vida muito reduzido, assim, se o ingrediente ativo perde seu diluente, ele forma uma partícula minúscula de ingrediente concentrado que não é absorvido e que pode ser removido da superfície foliar pelo vento. De acordo com Villalba e Hetz (2010), a combinação de temperatura superior a 30°C e umidade relativa inferior a 40% influenciam diretamente sobre a evaporação das gotas de pulverização, especialmente sobre as gotas finas, sendo que os fatores que mais afetam sobre esse tipo de perdas são o tamanho das gotas, o tempo que as gotas levam para chegarem até o alvo e a distância em relação ao alvo.

Na Tabela 7 é possível verificar a diferença para o tamanho de gotas nos diferentes terços, com maior DMV no terço superior. Estas médias concordam com Bretthauer et al.

(2008), que avaliando espectros de gotas médio e grosso, observaram redução média de 12,1% no DMV no terço inferior em relação ao do terço superior. YU et al. (2009) verificaram gotas com DMV de 246  $\mu\text{m}$  a 60% de umidade relativa do ar, evaporam 10 vezes mais rápido que gotas de DMV de 800  $\mu\text{m}$  e também observaram redução no DMV das gotas que atingiram o terço médio e inferior do dossel. Contudo, Debortoli (2011) adverte que as diferenças encontradas no DMV em função da localização no dossel podem também ocorrer em função da sobreposição de gotas nas etiquetas colocadas no terço superior, onde ocorre a maior densidade de gotas.

Nos resultados encontrados para a área coberta pela calda de pulverização, bem como volume retido no papel hidrossensível, as médias foram maiores no terço superior. Estes resultados estão de acordo Debortoli et al. (2012), que verificaram que ocorre um desequilíbrio na distribuição da dose de fungicida ao longo da planta, sendo que o terço superior recebe mais de 2,5 vezes a dose necessária para controle da doença e o terço inferior recebe em torno de 1/3 desta dose, repetindo os resultados encontrados por Balardin et al. (2010). Hanna et al. (2008) encontraram cobertura de pulverização com 50% ou mais na camada superior de 0,30 m do dossel e 20% ou menos, abaixo desta camada. Estes resultados sugerem a necessidade de se aumentar a dose (NEGRISOLI et al. 2002) ou o volume de calda aplicada (BALARDIN et al. 2001).

#### **4.3. Altura de inserção da primeira vagem e altura final**

Na análise da variância para a altura de inserção da primeira vagem e altura final das plantas, verificam-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para altura final das plantas em função do estande de plantas. A maior altura encontrada foi para o estande de 240000 plantas. Este resultado concorda com Mauad (2010), Rezende (2004), Heiffig et al. (2006), Tourino (2002) e Marchiori (1999), que concluíram que as diferentes populações utilizadas alteram significativamente a altura da planta, sendo as plantas mais altas quando em populações mais densas. Para o espaçamento entrelinhas não foi verificada diferença significativa (Tabela 8).

As médias obtidas para a altura estão enquadradas dentro de uma faixa considerada como ideal para a cultura da soja. Segundo Garcia (1992), a altura ideal da planta de soja situa-se entre 0,60 e 1,0 m, sendo um caráter positivamente correlacionado com a altura de inserção da primeira vagem, que é de interesse para o processo de colheita bem sucedido.

TABELA 8 - Médias da altura final (m) e altura de inserção da primeira vagem (m) para cultura da soja nos estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare, nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e 0,50 m em plantio cruzado (0,5 x 0,5)

Espaçamento	Altura final (m)			Altura da 1 <sup>o</sup> vagem (m)		
	ES1	ES2	Média	ES1	ES2	Média
0,30 m	0,792	0,839	0,815	0,191	0,211	0,201
0,40 m	0,762	0,839	0,801	0,198	0,186	0,192
0,50 m	0,794	0,847	0,821	0,175	0,192	0,183
0,5 x 0,5	0,798	0,817	0,807	0,190	0,199	0,195
0,60 m	0,814	0,869	0,846	0,173	0,225	0,199
0,70 m	0,841	0,879	0,855	0,208	0,200	0,204
Média	0,800 A	0,847 B	0,824	0,189	0,202	0,196

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados obtidos para a altura final como a altura da soja em R1, pode-se afirmar que a densidade de plantas na linha é responsável por alterar a altura das plantas de soja. Sob a maior densidade de plantas na linha ocorre maior desenvolvimento da planta em altura. Assim, o manejo populacional pode ser utilizado para modificar a altura final das plantas.

Para a altura de inserção da primeira vagem não foi verificada diferença significativa. A altura média de inserção da primeira vagem foi de 0,196 m, que pode ser considerada como ideal. Segundo Queiroz et al. (1981), a altura de inserção da primeira vagem deve ser de no mínimo 0,13 m, para que se reduza as perdas durante a colheita e Sedyama et al. (1999), acrescentaram que para evitar perda na colheita pela barra de corte, a altura mínima da primeira vagem deve ser de 0,10 a 0,12 m, em solos de topografia plana e de 0,15 m, em terrenos mais inclinados.

#### 4.4. Produtividade de grãos e matéria seca acumulada de plantas daninhas reinfestantes

A análise de variância apresentou diferença significativa para a produtividade da cultura da soja. A maior produtividade encontrada foi para o espaçamento de 0,4 m e a menor para o plantio cruzado, não sendo detectadas diferenças pelo teste de média entre os demais arranjos. Destaca-se neste trabalho, que a redução no estande em um terço não resultou em diferença significativa na produtividade, indicativa da plasticidade da soja e de que é possível economizar com sementes desde que se tenha uniformidade na sua distribuição. Da mesma forma pode ser avaliado o efeito do espaçamento, onde observamos que a soja cultivada em linhas não cruzadas, não apresentaram diferenças pelo teste de Tukey.

De acordo com a Embrapa (2011), é possível reduzir o estande de plantas de soja para 200.000 plantas por hectare graças à melhoria nas semeadoras quanto a uniformidade de distribuição das sementes, a qualidade das sementes, sua classificação por tamanho e ao tratamento das sementes com fungicidas. Confrontado esta informação técnica com os resultados neste trabalho, verifica-se que essa redução pode ser ainda maior para a cultivar BRS Valiosa RR, uma vez que não foram encontradas diferenças significativas entre as duas populações testadas, ainda com média de produtividade no estande de 160000 plantas numericamente superior.

No presente estudo, o plantio cruzado obteve a menor produtividade entre os arranjos testados. Este resultado pode ser atribuído principalmente pela manutenção do estande de plantas e dos níveis de adubação iguais em todas as parcelas. Nas competições para se alcançarem as maiores produtividades, tratamentos especiais são dispensados, como adubação ajustada, população adensada e, até mesmo o pousio da área que irá competir.

Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Balbinot Júnior et al. (2012), avaliando o desempenho da cultivar BRS 294 RR nos espaçamentos entrelinhas de 0,4 e 0,6 m, com as densidades de semeadura 375.000 e 562.500 sementes por hectare e sistemas de plantio cruzado e não cruzado. Estes autores verificaram que a produtividade de grãos de soja não foi afetada pela densidade de semeadura, pelo cruzamento ou não das linhas e pela interação entre os fatores investigados. Somente a produtividade no espaçamento de 0,6 m foi superior à observada em 0,4 m. Estes pesquisadores atribuíram estes resultados a maior penetração de luz no dossel no maior espaçamento entre fileiras, refletindo-se em maior fotossíntese das folhas inferiores e maior acúmulo de matéria seca por planta, com reflexos positivos na produtividade.

Resultado contrário foi encontrado por Lima et al. (2012), que encontraram maior produção de grão, em média de 288 Kg.ha<sup>-1</sup>, no plantio cruzado em relação ao tradicional. Contudo, estes autores também verificam que a severidade da ferrugem asiática foi significativamente superior em plantas cultivadas em linhas cruzadas do que em linhas paralelas, com incremento de tecidos infectados na parte inferior das plantas.

Neste trabalho, o plantio cruzado foi testado em igualdade de estande, fertilidade e adubação do solo, sendo que nos resultados das avaliações de desenvolvimento e produtividade realizadas, apresentou desempenho inferior aos demais arranjos. Isto indica uma possível falta de adaptação da cultivar testada a este tipo de arranjo espacial.

Com relação aos demais tratamentos, com semeadura somente em linhas paralelas em diferentes espaçamentos, não foram verificadas diferenças estatísticas para o teste de média da produtividade (Tabela 9).

TABELA 9 – Médias da produtividade agrícola ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) e matéria seca acumulada de plantas daninhas ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) para cultura da soja nos estandes de 160000 (ES1) e 240000 (ES2) plantas por hectare nos espaçamentos entrelinhas de 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m e 0,50 m em plantio cruzado (0,5 x 0,5)

Espaçamento	Produtividade ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ )			Matéria seca ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ )		
	ES1	ES2	Média	ES1	ES2	Média
0,30 m	3208,7	3183,3	3196,0 ab	287,3	218,6	252,9
0,40 m	3283,8	3259,1	3271,5 a	316,5	156,1	236,3
0,50 m	3107,0	3003,8	3055,8 ab	223,9	249,6	236,7
0,5 x 0,5	2966,0	3037,7	3001,8 b	477,1	357,0	417,0
0,60 m	3032,9	3018,6	3025,8 ab	270,1	349,9	310,0
0,70 m	3128,7	3103,0	3115,8 ab	330,7	389,4	360,1
Média	3121,2	3100,9	3111,0	317,6	286,8	302,2

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados para as populações de plantas concordam com os de Heiffig et al. (2006), que avaliaram populações de 70.000, 140.000, 210.000, 280.000 e 350.000 plantas por hectares; de Knebel et al.(2006), que avaliaram as populações de 200.000, 400.000 e 600.000 plantas por hectare; de Santa Cruz (2008) que avaliou as populações de 200.000, 250.000 e 300.000 plantas por hectare e; de Mauad et al. (2010) que avaliaram as densidades de plantio, 10, 12, 14, 16 e 18 plantas por metro linear, com espaçamento entrelinhas único de 0,45 m. Esses pesquisadores não encontraram diferenças significativas para a produtividade de grãos. Com relação ao espaçamento entrelinhas, os resultados concordam com Tourino et al. (2002), que avaliaram os espaçamentos entrelinhas de 0,45 m e 0,60 m; Rambo et al. (2003), avaliaram os espaçamentos de 0,20 m e 0,40 m; Solano e Yamashita (2012), que avaliaram os espaçamentos de 0,20; 0,40 e 0,60 m, e todos encontraram diferenças significativas para a produtividade. Contudo, os resultados foram contrários aos encontrados por Heiffig et al. (2006), que avaliou os espaçamentos entrelinhas de 0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60 e 0,70 m e; Santa Cruz (2008) que avaliou os espaçamentos de 0,20, 0,40, 0,50 e 0,60 m e não encontraram diferença significativa para a produtividade.

Heitholt et al (2005), durante a avaliação de dez cultivares diferentes, semeadas nos estandes de 25, 50 e 75 plantas por metro quadrado, verificaram que somente uma cultivar apresentou efeito na produtividade em relação as demais e interação dos fatores cultivar x

estande. Com isto concluíram que outros fatores além da cultivar, como tipo de solo, espaçamento entrelinhas e custos de sementes, devem nortear a seleção de uma população para a semeadura. Da mesma forma, Rigsby e Board (2003), avaliando quatorze cultivares sob população de plantas normal e reduzida, concluíram que existe uma variação genotípica para a população de plantas ideal e que pode ser explorada por produtores para reduzir a quantidade de sementes e aumentar a rentabilidade da soja.

Desta forma é possível afirmar que o potencial de rendimento da soja pode ser modificado pelo arranjo de plantas, sendo justificada a necessidade de estudos para determinar o melhor ajuste, mas com a ressalva de que o genótipo responde de forma diferenciada aos arranjos espaciais.

Com relação à matéria seca acumulada pelas plantas daninhas que reinfestaram a área das parcelas, não houve efeito significativo para os tratamentos estudados. Estes resultados concordam com Tourino (2002), que avaliando os espaçamentos entrelinhas de 0,45 e 0,60, em fatorial com as densidades de 10, 13, 16, 19 e 22 plantas por metro, não verificou aumento na infestação de plantas daninhas durante dois anos de experimentação e são contrários a Gazziero e Souza (1993), que constataram que a soja semeada em espaçamentos menores (0,20 a 0,40 m entrelinhas) controla melhor as plantas daninhas do que aquela espaçada de 0,50 a 0,80 m.

## 5. CONCLUSÕES

O arranjo espacial de plantas alterou a deposição no terço inferior, com o maior depósito no plantio cruzado, sendo 79,5% maior em relação ao obtido no espaçamento de 0,30 m, bem como a distribuição de calda de pulverização quantificada pela razão de deposição.

O espaçamento de 0,40 m proporcionou a maior produtividade e o plantio cruzado a menor.

A população de plantas não interferiu na deposição de calda de pulverização e produtividade da cultura.

A ponta de pulverização TT 11002, nas condições experimentais, apresentou DMV adequado para a aplicação de fungicida sistêmico e segurança contra deriva.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSIO, D. **Momentos e número de aplicações de fungicidas e seu efeito sobre a duração da área foliar sadia e o rendimento de grãos em soja.** 2008. 81p. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Passo Fundo, Passo Fundo.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem da soja. In: **WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA**, 1, 2005, Uberlândia. **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p.193-219.
- BALAN, M.G.; RALISCH, R.; ABI-SAAB, O.J.G. Proposta de descrição metodológica para trabalhos técnicos e científicos que tratam da aplicação de produtos fitossanitários. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 40, 2011, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBEA, 2012.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; PANISON, F. Avaliação do sistema de plantio cruzado da soja – cultivar de hábito determinado. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA**, 6, 2012, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: CBSOJA, 2012.
- BALARDIN, R.S MAFFINI, A.A.; BONINI, J.V.; BOLIGON, E. Influência do volume de calda e pontas de pulverização sobre o controle das doenças de final de ciclo em duas cultivares de soja. In: **REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL**, 29, 2001. Porto Alegre. **Atas e Resumos...** Porto Alegre: UFRGS. 2001
- BALARDIN, R.S. **Doenças da soja.** Santa Maria: Ed. do Autor, 2002. 100p.
- BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, M. G. Fatores que afetam a eficiência na aplicação de fungicidas. In: BORGES, L. D. **Tecnologias de aplicação de defensivos agrícolas.** Passo Fundo, Aldeia Norte, 2006. p. 63-67.
- BALARDIN, R.S.; MADALOSSO, M; DEBORTOLI, M.; LENZ, G. Factors affecting fungicide efficacy in the tropics. In: CARISSE, O. (Ed.). **Fungicides.** In Tech. Rijeka, Croatia. 2010. p. 23-38.
- BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA. **Crop Science**, Madison. v.40. p.57-764. 2000.
- BANIK, P.; SHARMA, R.C. Yield and resource utilization efficiency in baby corn-legume intercropping system in the eastern plateau of India. **Journal of Sustainable Agriculture**, Sri Lanka, v.33, p.379-305. 2009.
- BARNI, N.A.; GOMES, J.E.S.; GONÇALVES, J.C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja (*Glycine max* (L.) Merrill),

em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriogradense**, Porto alegre, v. 21, n. 2, p. 245-296, 1985.

BARNI, N. A.; BERGAMASCHI, H. Técnicas culturais: alguns princípios técnicos para semeadura. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Eds.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p.476-480

BAUER, F.C.; ALMEIDA, E.; MARQUES, D.C.; PEREIRA, F.A.R.; ROSSI, T. Deposição de pontas de pulverização AXI 11002 e JA-2 em diferentes condições operacionais. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.38, n.6, p.1610-1614, 2008.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v.32, n.1, p.198-202, 1992.

BOLLER, W. **Parâmetros técnicos para seleção de pontas. Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. p.43. (Atualidades Técnicas, 2).

BOLLER, W. Resposta da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas em relação a concepção atmosférica visando o controle de doenças de plantas. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 30, Jaboticabal, 2007. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, Grupo Paulista de Fitopatologia, v.33, n.1, supl., p.113-117, 2007.

BOLLER, W.; HOFFMANN, L.L.; FORCELINI, C.A.; CASA, R.T. Tecnologia de aplicação de fungicidas – parte II. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.16, p.85-132, 2008.

BRETTTHAUER, S. M. MUELLER, T.A.; DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; BODE, L.E. The effects of spray application rate and droplet size on application to control soybean rust. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. Michigan, ASABE Meeting Presentation, 2008. 9 p. (Paper N°: 084219)

BRINTHA, I; SERAN, T.H. Effect of paired row planting of radish (*Raphanus sativus* L.) intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.) on yield components of radish in sandy regosol. **Journal of Agricultural Science**, Sri Lanka, v.4,n.1, p.19-28, 2009.

BROWN-RYTLEWSKI, D.; STATON, M. **Fungicide application technology for soybean rust** – 2006: Field crop advisory alert. 2p, Michigan State University Extension, Department of Plant Pathology, Michigan. Disponível em: <[www.ipm.msu.edu/cat06field/pdf/sbr\\_aptechnology.pdf](http://www.ipm.msu.edu/cat06field/pdf/sbr_aptechnology.pdf)>. Acesso em: 09 Nov. 2012.

BUTZEN, S. MARCON,A.; McINNES, B.; SCHUH, W. Asian soybean rust: fungicides. **Crop Insights**, Johnston, EUA. v.15, n. 2, 5 p., 2005a.

BUTZEN, S.; MARCON,A.; McINNES, B.; SCHUH, W. Asian soybean rust: Fungicide application technology. **Crop Insights**, Johnston, v.15, n.1, 6p., 2005b.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CÂMARA, G. M.S. (Ed.) **Soja: Tecnologia da produção**. Piracicaba, 1998. p. 256-277.

CATO, S. C.; CASTRO, P. R. C. Redução da altura de plantas de soja causada pelo ácido 2,3,5 - triiodobenzóico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, 2006.

CHAIM, A. **Pulverização eletrostática: principais processos utilizados para eletrificação de gotas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 17p. (Embrapa Meio Ambiente). Documentos, n.57.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.

COOPER, R. L. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.3, p.490-493, 1971.

COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL – CESB. O que há em comum entre o recordista da soja nos Estados Unidos e no Brasil. Disponível em: <[http://www.cesbrasil.org.br/news/o\\_que\\_ha\\_em\\_comum\\_entre\\_o\\_recordista\\_da\\_soja\\_nos\\_estados\\_unidos\\_e\\_no\\_brasil.html](http://www.cesbrasil.org.br/news/o_que_ha_em_comum_entre_o_recordista_da_soja_nos_estados_unidos_e_no_brasil.html)>. Acesso em: 11 Jan. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2011/2012: 11º levantamento: agosto/2012**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_08\\_09\\_10\\_58\\_55\\_boletim\\_portugues\\_agosto\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_09_10_58_55_boletim_portugues_agosto_2012.pdf)>. Acesso em: 09 Out. 2012.

COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; RAMBO, A.; THOMAS, AL.L. Redução no espaçamento entrelinhas e potencial de rendimento da soja. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.68, n.2, p.22-28, 2002.

CHRISTOVAM, R.S. **Assistência de ar e aplicação em volume baixo no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow)**. 2008. 77f. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CRUZ, T. V. **Crescimento e produtividade de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia**. 2007. 87f. (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas.

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

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, F.V.; FERNANDES, H.F.; COURRY, J.R.; Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.10, p.977-985. 2004

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

CUNHA, J.P.A.R.; PERES, T.C.M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.597-602, 2010.

DEBORTOLI, M. P.; BALARDIN, R. S.; POSSEBON, R.; ZIMMERMANN, A.; CERBARO, L. Efeito do arranjo de plantas sobre o progresso de ferrugem asiática na soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.31, p. S129, ago. 2006. Suplemento, ref. 0032. Edição dos Resumos do XXXIX Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Salvador, BA, ago. 2006.

DEBORTOLI, M.P. **Efeito dos espectros de gota associados a diferentes arquiteturas de cultivares de soja no controle da ferrugem**. 2011. 92f. (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

DEBORTOLI, M. P. TORMEN, N.R.; BALARDIN, R.S.; FAVERA, D.D.; STEFANELLO, M.T.; PINTO, F.F.; UEBEL, J.D. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática-da-soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.920-927, 2012.

DUTRA, L. M.C.; LUDWIG, M.P.; LUCCA FILHO, O.A.; ZABOT, L.; LISBOA, J. I.; UHRY, D.; ZABOT, M.; JAUER, A.; STRECK, R. D. População de plantas em soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 35, 2007, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007. p.95.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivares de soja Minas Gerais e Região Central do Brasil, safra 2010/2011**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 49p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Catálogo de produtos: BRS Valiosa RR**. Disponível em: <[http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo\\_de\\_produtos\\_e\\_servicos/arvore/CONT000fe89gu4202wx5eo0cv9yt73gb0kda.html](http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONT000fe89gu4202wx5eo0cv9yt73gb0kda.html)>. Acesso em: 13 ago. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Laboratório de Imagem. Softwares Gratuitos. *Afsoft*. Disponível em: <<http://www.cnpdia.embrapa.br/labimagem/afsoft.php>> Acesso em: 13 mar. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261p. (Sistema de Produção 15).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2004**. (Sistema de Produção n.1). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, J. R. G. Di. Aplicação de fungicidas na cultura da soja com pulverizador costal pressurizado e manual elétrico com bico rotativo para volume baixo. Parte 1: Cobertura. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4, 2008. Ribeirão Preto, SP. **Artigos...** Instituto Agronômico de Campinas, SP, 2008. 1 CD ROM.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. C. **Aplicações de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja e interações com diferentes arranjos espaciais da cultura**. 2009. 72f (Mestrado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

FERREIRA, M. C. **Critérios para o início das aplicações de fungicida e desempenho de pontas de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja**. 2012. 105f. (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

FIOMARI, B. R.; WATANABE, T.S.; CABRERA, R. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, POTAFOS. n. 109. 2005. 28 p.

FIORIN, R.A. **Penetração de gotas e rendimento de grãos em função do arranjo de plantas, cultivares e volume de calda na cultura da soja**. 2009. 98p. (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D. Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p.425-434, 2006.

FURLAN, S. H. Impacto da ferrugem asiática da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 31, n. 1, p. 119-120, 2005.

GALLOTI, G. J. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BACKES, R. L. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n.2, p.87-93, 2006.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1, 1991, Piracicaba,. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992, p.213-235.

GAUDÊNCIO, C.A.A.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná**. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1990. 4 p. (Comunicado Técnico, 47)

GAZZIERO, D. L. P.; SOUZA, I. F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.183-208.

GAZZIERO, D. L. P. MACIEL, C.D.G.; SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PRETE, C.E.C.; OLIVEIRA NETO, W. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**. Viçosa. v. 24, p. 173-181, 2006.

GILIOLI, J. L.; TERASAWA, F.; WILLEMANN, W.; ARTIAGA, O. P.; MOURA, E. A. V.; PEREIRA, W. V. **Soja: Série 100**. FT Sementes, Cristalina, Goiás, 1995, 18 p. (Boletim Técnico 3)

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**. Brasília. v.34, p. 56-61, 2009.

GOIÁS. Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO. Rede Meteorológica da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. Dados do Município de Anápolis, Estação 22. <[http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/cgi-bin/rede\\_obs/consulta\\_dados3.pl](http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/cgi-bin/rede_obs/consulta_dados3.pl)>. Acessado em 03 Abr 2013.

HANNA, S.O.; CONLEY, S.P.; SHANER, G.E.; SANTINI, J.B. Fungicide Application Timing and Row Spacing Effect on Soybean Canopy Penetration and Grain Yield. **Agronomy Journal**. Madison. v.100, p. 1488-1492. 2008

HAYDEN, J.; AYERS, G.; GRAFIUS, E.; HAYDEN, N. Two water-soluble optically resolvable dyes for comparing pesticide spray distribution. **Journal of Economic Entomology**, Columbia, v.83, p.2411-2413, 1990.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine Max L. Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 97p. (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

HEIFFIG, S.L.; CÂMARA, S.M.G.; MARQUES, A.L.; PEDROSO, B.D.; STÉFANO PIEDADE, M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.285-295, 2006.

HEITHOLT J.J.; FARR J.B.; EASON R. Planting Configuration x Cultivar Effects on Soybean Production in Low-Yield Environments. **Crop Science**, Madison, v.45, p.1800-1808. 2005.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; BALARDIN, R. S.; VALE F. X. R. Ferrugem da soja - epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, p.351-395, 2005.

LAMEGO, F. P.; FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; SCHAEGLER, C.E. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja – II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 491-498, 2004.

LEGERE, A.; SCHREIBER, M. M. Competition and canopy architecture as affected by soybeans (*Glycine max*) row width and density of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). **Weed Science**, Champaign, v. 37, p. 84-92, 1989.

LEITE, R.M.V.B. C. Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA. 2008. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBF, 2008. v 33. p. 65-67.

LEITE, R.M.V.B.C. **Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, 3 p. (Comunicado técnico n. 76).

LIMA, S.F.; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G.F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 954-962. 2012.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M.H. Influência de regulador vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.3, p.373-379, 2008.

LIU, X.; JIN, J.; WANG, G.; HERBERT, J.S. Soybean Yield Physiology and Development of High-Yielding Practices in Northeast China. **Field Crops Research**, Amherst .v.105, p.157–171, 2008.

LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT L, J. A.; UHRY, D.; FARIAS, J.R.; LOSEKANN, M.E.; STEFANELO, C.; LUCCA FILHO, O.A. Efeito da densidade de semeadura e genótipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja semeada após a época indicada. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, p.13-22. 2007.

KNEBEL, J.L.; GUIMARÃES, V.F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J.R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 385-392, 2006.

KOZLOWSKI, L. A. ONZELLI JÚNIOR, P.; PURISSIMO, C.; DAROS, E.; KOEHLER, H.S Interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 213-220, 2002.

KUSS, R. C. R.; KÖNIG, O.; DUTRA, L.M.C; BELLÉ,R.A.; ROGGIA, S.; STURMER, G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1133-1137, 2008.

MADALOSSO, M.G; DOMINGUES, L.S; DEBORTOLI, M.P; LENZ, G; BALARDIN, R.S. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.11. 2010.

MADALOSSO, M.G. **Espaçamento entrelinhas e pontas de pulverização no controle de *phakopsora pachyrhizi* sidow**. 2007. 90f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MARCHIORI, L.S.; CAMARA, G. M.S.; PEIXOTO, C.P.; MARTINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja [*glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 383-390. 1999.

MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** CD-Rom. Palestra

MARRA, M.C.; CARLSON, G.A. An economic threshold model for weeds in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v.31, n.5, p.604-609, 1983.

MARTINS, M.C. **Desempenho produtivo de três cultivares de soja em duas épocas de semeadura e em cinco densidades de plantas.** 1999. 84f. (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide applications methods.** International Pesticide Application Research Centre, 3<sup>rd</sup>. Edition, Berkshire, UK, 2000. 432p.

MATUO, T. Fundamentos da Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES S.H. B. **Tecnologia e Segurança na Aplicação de Agrotóxicos: Novas Tecnologias.** Santa Maria. UFSM. 1998. p 95-104.

MATUO, T., PIO, L.C.; RAMOS, H.H.; FERREIRA, R.L. **Tecnologia de aplicação e equipamentos.** In: **ABEAS - Curso Proteção de Plantas.** Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS, Viçosa, MG: UFV, 2001- 85p.

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v.3, n.9, p.175-181, 2010.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o desenvolvimento e o rendimento.** Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A. Efeito da densidade de plantas e da época de semeadura na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.8, n.3, p.99-112, 1986.

NATIONAL INSTITUTES OF MENTAL HEALTH – NIH. *ImageJ*. Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/index.html>> Acesso em: 12 mar. 2012.

NAVARINI, L. **Resposta de cultivares de soja ao controle químico de ferrugem asiática.** 2008. 74 f. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G.R.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; PALLADINI, L.A. Depósitos unitários de calda de pulverização com e sem surfactante em plantas de *Salvinia molesta*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, p.51-56, 2002. Edição especial.

NORDBY, A. Application and control of the distribution of plant nutrients and pesticides. In: DODD e GRACE (Ed.). **Land and water use.** Rotterdam: Balkema, 1989, p. 2073-2079.

OZKAN, H. E.; ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; GULER, H.; KRAUSE, C. R. **Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control asian soybean rust.** Aspects of Applied Biology 77. International Advances in Pesticide Applications 2006, Cambridge: Robinson College, 2006. p.423-431.

OZKAN, E.; BRETTHAUER, S.; WOLF, R. Application basics. In. DORRANCE, A. E.; DRAPER, M. A.; HERSHMAN D. E. (Ed.). **Using foliar fungicides to manager soybean rust.** Columbus: The Ohio State University. 2007. p. 61-70.

PALLADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 126f. (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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

PAULSRUD, B. E.; MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Report on Plant Disease**. Illinois. n. 1002, 18p. 2005.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.357-364, 2004.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERSONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes de produção e rendimentos de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n.1, p.89-96, 2000.

PELUZIO, J.M.; GOMES, R.S.; ROCHA, R.N.C.; CARY, E.P.; FIDÉLIS, R. R. Densidade e espaçamento de plantas de soja cultivar Conquista em Gurupi-TO. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.16, n.1, p.3-13, 2000.

PELUZIO, J. M.; BARROS, H.B.; SANTOS, M.M.; REIS, M.S.; ROCHA, R.N.C.; SILVA, R.R. Comportamento de duas cultivares de soja em diferentes populações de plantas, sob condições de várzea irrigada, no sul do estado do Tocantins. **Agricultura Tropical**, Cuiabá, v.6, p. 69-80.2002.

PHIPPS, P.; STROMBERG, E; HOLSHOUSER, D; BUSH, E. **Asian soybean rust: Frequently asked questions III: Control with fungicides**. Virginia Coop. Ext. Publ. 450-303. Virginia Tech, Blacksburg. 2006.

PINTO, J.R.; LOECK, A.E.; SOUZA, R.T.; LOUZADA, R.S. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.105-107, 2007.

PIRES, J.L.F. COSTA, J.A. THOMAS, A.L. MAEHLER, A.R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p. 1541-1547, 2000.

PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 4, n.2, p. 89-92, 1998.

PRADO, E.P. **Assistência de ar em pulverização no manejo fitossanitário na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill.]**. São Paulo, 2009. 103 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

QUEIROZ, E.F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E.; PEREIRA, L.A.G.; BIANCHETTI, A.; TERAZAWA, F.; PALHANO, J.B.; YAMASHITA, J. Recomendações técnicas para a

colheita mecânica. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p.701-10.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p.105-106, 2007.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.P.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.405-411, 2003.

RAMOS, J. P.; DOMINGUES, L. S.; DEBONA, D.; FAVENA, D. D.; MANFIO, A.; LENZ, G.; BALARDIN, R.S. 2009. Arranjo populacional no manejo da ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology** 34 (Suplemento): S178 (Resumo).

REICHARD, D.L.; FOX, R.D.; BRAZEE, D. Air velocities delivered by orchard air sprayers. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v.20, n.2, p.32-237, 1977.

REIS, E.M. **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte. 2004. 178p.

REIS, M.S.; VIEIRA, C.; ANDRADE, A.M.S.; SEDIYAMA, T. Efeitos do espaçamento e da densidade de plantio sobre a variedade de soja UFV-1 no Triângulo Mineiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.24, n.134, p.412-419, 1977.

REZENDE, P.M.; GRISC, F.; GOMES, L.L.; TOURINO, M.C.C.; BOTREL, E.P. Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.28, n.3, p.499-504. 2004.

REZENDE, Pedro Milanez de; CARVALHO, Eudes de Arruda. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1616-1623. 2007.

RIGSBY, B.; BOARD, J.E. Identification of soybean cultivars that yield well at low plant populations. **Crop Science**, Madison, v.43, p.234-239. 2003.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Thechnology, Cooperative Extension Service, 1994, 20p. (Special Report, 53).

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B, BERTAGNOLLI, P.F.; LUZ, J.S.. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2001, v. 36, n. 3, pp. 431-437.

RUAS, R. A. A. **Tecnologia de aplicação de glyphosate para certificação de produtos agrícolas**. 2007. 107 f. (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- SANTA CRUZ, V. F. **Flexibilização espacial e populacional em cultivares de soja de diferentes grupos de maturação no Distrito Federal *Glycine Max* (L.) Merrill.** 2008, 69f. (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília.
- SANTOS JUNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A. M; LAVRES JUNIOR, J. Análise de crescimento do Capim-Marandu submetido a doses de Nitrogênio. **Revista Brasileira Zootecnia**, Brasília, v.33. n.6, p.985-1991, 2004.
- SANTOS, O. S. **A cultura da soja, 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná.** Osmar Souza dos Santos, coord. – Rio de Janeiro: Globo, 1988.
- SCONYERS, L.E.; KEMERAIT, R.C. Asian soybean rust and common soybean leaf disease. **Integrated Crop Management News**. IC-494(3). Iowa, State University. Ames. 2006.
- SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F.C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p.129-139, 2004.
- SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1. ed. Londrina, PR: Mecenas, 2009, v. 1. 314 p.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BOREM, A. (ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.478-533.
- SOLANO, L.; YAMASHITA, O.M. Cultivo da soja em diferentes espaçamentos entrelinhas. **Varia Scientia Agrárias**. Cascavel, v.2, n.2, p.35-47. 2012.
- SRIVASTAVA, L. M. **Plant Growth and Development**. Department of Biologic Sciences Simon Fraser University. Burnaby, British Columbia, Canadá: Academic Press, 2002.
- SOUZA, R. T; PALLADINI, L. A.; VELINI, E. D. Pulverização eletrostática. **Cultivar: Máquinas**, Pelotas, n. 21, 2003. Caderno Técnico
- SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PALLADINI, L.A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TORMEN, N.R.; SILVA, F.D.L; DEBORTOLI, M.P.; UEBEL, J.D.; FÁVERA, D.D.; BALARDIN, R.S. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.16, n.7, p.802-808, 2012.
- TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1077. 2002.

UDOGUCHI, A., McCLOUD, D.E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil and Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v. 46, p. 75-79, 1987.

VILLALBA, J., HETZ, E. Deriva de produtos agroquímicos – Efeito de las condiciones ambientales. In: \_\_\_\_. *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. 1ª Edição. Alto Valle, Argentina: Red CYTED “Técnicas sostenibles de distribución de agroquímicos”. Área de comunicaciones del INTA, Alt Valle, 2010, 196. Cap.3.

VILLAR, J.; CENCIG, G.; FRANA, J. **Ocurrencia de condiciones favorables para el desarrollo de la roya de la soja en el area de influencia de Rafaela a partir del estudio de variables climáticas**. Rafaela. 2004. (Información técnica de cultivos de verano. Campaña, 2004. Publicación Miscelánea, n.102).

VÁSQUES MINGUELA, J.; CUNHA, J.P.A.R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. 1ª ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 588p.

YARPUZ-BOZDOGAN, N., BOZDOGAN A. M. Comparison of field and model percentage drift using different types of hydraulic nozzles in pesticide applications. **International Journal of Environmental Science and Technology**, New York, v.6, n. 2, p. 191-196, 2009.

YATES, W. E.; AKESSON, N. B. Fluorescent tracers for quantitative micro residue analyses. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Michigan, **Transactions of the ASABE**. v. 6, p. 105-114, 1963.

YORINORI, J. T.; JÚNIOR, J. N.; LAZZAROTTO, J. J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: Evolução, importância econômica e controle**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2004. 36 p. (documentos, 247).

YORINORI, J.T. Situação atual das doenças potenciais no cone sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: EMBRAPA, 2002. p.171- 186.

YU, Y.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Michigan, **Transactions of the ASABE**. v. 52, n. 1, p. 39-49, 2009.

WILKINSON, R.; BALSARI, P.; OBERTI, R. Pest control equipment. In: STOUT, B.A. (Ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. St. Joseph: ASAE, 1999. v.3. p.269-310.

WOLF, R. E.; DAGGUPATI, N. P. Nozzle type effect on soybean canopy penetration. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. Michigan, ASABE Section Meeting Presentation. 2006. 10p. (Paper Number: 061163).

ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado da Ferrugem Asiática da Soja. In: Zambolim, L. (Org.). **Ferrugem Asiática da Soja**. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco. p. 73-98. 2006.

ZHU, H., ROWLAND, D., DORNER, J.W., DERKSEN, R.C., SORENSEN, R.B. 2002. influence of plant structure, orifice size and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. **Transactions of the ASABE**. v .45, n.5, p.1295-1301. 2002.

**APÊNDICE A:** Sínteses de análises de Variância

TABELA 10 – Síntese da análise de variância (quadrado médio) para tempo de fechamento (TF) e porcentagem de fechamento (PF), área foliar em R1 (AF), índice de área foliar em R1 (IAF) e altura em R1 (ALT), para os diferentes estandes e espaçamentos da cultura soja.

Fonte da variação	Quadrado médio				
	TF	PF	AF	IAF	ALT
Estande	78,125**	0,227	0,0161*	9,2634**	188,02**
Espaçamento	57,667**	12,734**	0,00069	0,2900	92,21**
Estande x espaçamento	15,458	0,911	0,00025	0,1040	24,20
Bloco	11,917	1,647	0,00234	1,1132	25,07
Resíduo	12,607	1,832	0,00239	0,8492	23,11
Média	59,000	99,343	0,20592	3,8980	66,44
CV (%)	6,02	1,36	23,75	23,64	7,24

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 11 – Síntese dos valores de análise de variância (quadrado médio) para depósito de calda de pulverização no terços superior, médio e razão de deposição entre o terço superior e inferior do dossel da soja

Fonte da variação	Quadrado médio			
	Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Razão de deposição
Estande	0,000058	0,000765	0,006723	2,428407
Espaçamento	0,004215*	0,001537	0,002127	5,953106*
Estande x espaçamento	0,001984	0,004188	0,000644	2,879298
Bloco	0,002310	0,033211	0,008690	0,728476
Resíduo	0,001644	0,002680	0,004469	2,086012
Média	0,116325	0,209515	0,384040	3,762412
CV (%)	34,86	24,71	17,41	38,39

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste f.

TABELA 12 – Síntese dos valores de análise de variância (quadrado médio) para altura final da soja (m) e altura de inserção da primeira vagem (m).

Fonte da variação	Quadrado médio			
	Altura final	Inserção da 1ª vagem	Produtividade	Matéria seca
Estande	274,563**	20,540	4920,968	11412,029
Espaçamento	37,392	4,364	88428,888*	44236,514
Estande x espaçamento	9,595	10,433	6183,148	19863,366
Bloco	32,702	55,667	695497,749	48312,594
Resíduo	17,842	6,096	26925,326	18894,433
Média	82,400	19,546	3111,036	302,170
CV (%)	5,13	12,63	5,27	45,49

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.