

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Comportamento da ferrugem asiática da soja frente a cobertura da
superfície foliar e a deposição de fungicida no dossel da planta**

Rafael Roehrig

Passo Fundo

2017

Rafael Roehrig

Comportamento da ferrugem asiática da soja frente a cobertura da superfície foliar e a deposição de fungicida no dossel da planta

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientador:
Walter Boller

Passo Fundo

2017

CIP – Catalogação na Publicação

R713c Roehrig, Rafael

Comportamento da ferrugem asiática da soja frente a cobertura da superfície foliar e a deposição de fungicida no dossel da planta / Rafael Roehrig. – 2017.

137 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2017.

1. Soja. 2. Ferrugem asiática. 3. Plantas - Efeito dos fungicidas. I. Boller, Walter, orientador. II. Título.

CDU: 633.34

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Comportamento da ferrugem asiática da soja frente a cobertura da superfície foliar e a deposição de fungicida no dossel da planta”

Elaborada por

Rafael Roehrig

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

Aprovada em: 02/05/2017
Pela Comissão Examinadora

Dr. Walter Boller
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dra. Eunice Oliveira Calvete
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

Dr. Carlos Alberto Forcelini
FAMV

Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

Dr. Lucas Navarini
IFRS

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Deonísio e Marileis, que ao lerem seus nomes nesta obra, sintam o orgulho e admiração que lhes tenho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Deonísio e Marileis, que nunca mediram esforços para que os ideais fossem alcançados. Também, pelo apoio, incentivo e encorajamento durante a jornada acadêmica, bem como pelos exemplos de vida a serem seguidos.

À minha irmã, Daniela, pelas conversas, momentos de descontração, incentivo e pela atenção sempre que necessário.

À minha namorada, Letícia Formighieri, pela paciência, compreensão, apoio, carinho e amor durante essa trajetória.

Ao meu orientador, Dr. Walter Boller, por quem tenho grande admiração e estima, pela amizade, pela disponibilidade, pelas conversas, pelo incentivo, pelas ideias e conhecimentos repassados, pela compreensão e apoio para que tudo transcorresse da melhor forma possível e pela orientação recebida.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Forcelini, por quem tenho grande admiração e estima, pela amizade formada durante o período acadêmico, pelos exemplos pessoais e profissionais, pela atenção recebida, pelas conversas engrandecedoras, pelas experiências compartilhadas e pela orientação recebida.

Ao colega e amigo, Dr. Laércio Luiz Hoffmann, pela troca de experiências, conselhos e conversas, que promoveram excelentes ideias.

Aos colegas Anne Arruda e Stefan Wolf, pesquisadores da área de tecnologia de aplicação da Syngenta proteção de cultivo, pelos conhecimentos adquiridos, conversas instigantes, sugestões de trabalho e parceria nas pesquisas.

À empresa Jacto, pelo fornecimento do equipamento de pulverização para condução do ensaio.

À CAPES e ao PPGAgro, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Aos professores da banca, pelas contribuições, orientações, sugestões e pela disponibilidade em participar da defesa, engrandecendo ainda mais esta obra.

Aos colegas e amigos do PPGAgro, do Laboratório de Fitopatologia, do Laboratório de Tecnologia de Aplicação, presentes durante a caminhada, pela amizade, pela atenção, pelo suporte, pelos momentos de descontração e pela troca de experiências.

EPIGRAFE

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”

(Claude Lévi-Strauss)

RESUMO

A penetração de gotas no interior do dossel da cultura da soja faz-se de suma importância para o controle químico das doenças, em especial da ferrugem asiática da soja, a qual inicia o seu desenvolvimento na porção inferior da planta. Dessa forma, torna-se imprescindível distribuir o fungicida aplicado, de maneira uniforme ao longo do dossel da planta, bem como promover a homogeneidade de distribuição sobre os folíolos, buscando-se o máximo de cobertura da superfície foliar, sendo estes fatores influenciados pelo volume de calda, adjuvantes e tamanho de gotas. Assim, a tecnologia de aplicação pode impactar na performance do agroquímico, em especial de fungicidas, uma vez que, aqueles empregados no manejo da doença, quando penetrantes, apresentam ação loco-sistêmica, sendo transportados a pequenas distâncias a partir do ponto de deposição. O objetivo deste trabalho foi determinar os impactos causados por aplicações de fungicida contendo diferentes espectros de gotas, volumes de calda e combinações de adjuvantes, no que tange a deposição da calda pulverizada e a cobertura da superfície foliar nos diferentes estratos da planta, bem como o comportamento da epidemia de ferrugem asiática da soja e o rendimento de grãos. Para tanto, conduziram-se dois experimentos, onde no primeiro, em esquema fatorial 5x2, avaliaram-se cinco volumes de calda (40, 70, 100, 130 e 160 L/ha) e a combinação de dois adjuvantes (óleo mineral isolado e óleo mineral associado ao surfactante organossiliconado). Nas porções da planta avaliadas, superior, mediana e inferior, o número de gotas/cm² foi afetado negativamente frente a redução no volume de calda, com variações maiores na porção inferior e mediana, impactando sobre a cobertura da superfície foliar, a qual não ultrapassou 13% e 26%, respectivamente, quando utilizado apenas óleo mineral, atingindo 17% e 30%, respectivamente, frente a combinação com o surfactante, onde o acréscimo deste, mostrou-se responsável por incrementos de até 16% na cobertura, a qual variou em até 209% diante do aumento no volume de calda. As reduções no volume de calda reduziram em até 2,3 vezes o controle da ferrugem asiática, quando na ausência do surfactante, e em até 1,7 vezes, quando da sua utilização, conseqüentemente afetando o índice de área foliar, onde houveram variações na ordem de 6,5 vezes frente a alterações no volume de calda e de até 2,8 vezes diante da utilização do surfactante organossiliconado. O rendimento de grãos e a massa de mil sementes, foram reduzidos a medida em que ocorreram reduções no volume de calda, sendo as reduções menos acentuadas quando empregou-se o surfactante. No volume de 40 L/ha, observou-se diferenciais no rendimento na ordem de 14%, frente ao surfactante, atingindo 11 e 9% com os volumes de 70 e 100 L/ha, respectivamente. Os resultados demonstram que a cobertura da superfície foliar e o número de gotas/cm² ao longo do perfil da planta respondem a adição do surfactante e ao aumento do volume de calda, existindo relação direta com o controle da ferrugem asiática da soja, impactando sobre o índice de área foliar e sobre o rendimento de grãos. Portanto, existem respostas positivas no aumento do volume de calda/ha, bem como na utilização do surfactante organossiliconado, o qual adquire maior importância quanto menor o volume de calda utilizado na pulverização. No segundo experimento, conduzido na safra 2015/16, empregando diferentes cultivares de soja, objetivou-se estimar os impactos causados pela alteração no espectro de gotas e/ou no volume de calda, no que tange aos depósitos da pulverização, cobertura da superfície foliar, severidade da ferrugem asiática e rendimento de grãos. Mantendo-se o volume de calda e

alterando-se o espectro de gotas, de fino para médio, observou-se similaridade quanto aos depósitos da pulverização, nos estratos superior, mediano e inferior, no entanto, ocorreram variações na cobertura da superfície foliar, a qual mostrou-se superior com a utilização de gotas médias, com variações próximas a 50% na porção superior, 58% na porção mediana e 400% na porção inferior da planta, refletindo na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), incrementada frente ao emprego de gotas finas, as quais proporcionaram decréscimos de até 9% no rendimento de grãos. Mantendo-se o espectro de gotas médio, com variação no volume de calda, observou-se similaridade quanto aos depósitos, no entanto, volumes maiores proporcionaram acréscimos na cobertura da superfície foliar, com variações de até 68% na porção superior, 77% na porção mediana e até 98% na porção inferior. A AACPD mostrou-se maior frente aos baixos volumes de calda, os quais refletiram sobre o rendimento de grãos, reduzido em até 10%. Alterando-se o volume de calda e tamanho de gotas (finas ou médias), observaram-se variações nos depósitos de até 73%, 54% e 30%, na porção superior, mediana e inferior, respectivamente, com superioridade dos maiores volumes e gotas médias. Quanto a cobertura, gotas médias e maiores volumes proporcionaram diferenciais próximos a 9 vezes na porção superior, 16 vezes na porção mediana e 12 vezes na porção inferior, tendo impacto direto na AACPD, com variações de até 800 unidades, bem como relação com o rendimento de grãos, reduzido em até 16%, diante da pulverização com gotas finas e baixos volumes. Assim, os maiores volumes de calda (na ordem de 140 L/ha) e o emprego de um espectro de gotas de categoria médio (entre 236 a 340 μm), implicam em ganhos na deposição de calda e na cobertura da superfície foliar, relacionando-se diretamente com o aumento na eficiência de controle da ferrugem e no rendimento de grãos. Os comportamentos observados fundamentam-se na característica de baixa mobilidade dos fungicidas empregados para manejo da ferrugem asiática da soja.

Palavras-chave: 1. Espectro de gotas. 2. *Phakopsora pachyrhizi*. 3. Surfactante. 4. Taxa de aplicação. 5. Tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

The permeation of drops into the canopy of soybean crop is relevant for the chemical control of the diseases, especially the Asian soybean rust that begins its development in the lower part of the plant. Thus, it is crucial to distribute the applied fungicide uniformly throughout the canopy, as well as to promote distribution homogeneity on the leaf, looking for the maximum coverage of the leaf surface, being these factors influenced by the volume of syrup, adjuvants and droplet size. Therefore the application technology can impact on the performance of the agrochemical, especially of fungicides, since those used in the management of the disease, when penetrating, present loco-systemic action, being transported to small distances from the point of deposition. The objective of this study was to determine the impacts caused by fungicide applications with different spectrum of drops, spray volumes and adjuvant combinations, in relation to the product deposition over the plant, the coverage of leaf surface in different strata of the plant, as well as the behavior of Asian soybean rust epidemic and grain yield. For this purpose, two experiments were carried out, in the first, in a 5x2 factorial scheme, it was evaluated five volumes (40, 70, 100, 130 and 160 L/ha) and the combination of two adjuvants (mineral oil isolated and mineral oil associated with organosiliconated surfactant). In the evaluated portions of the plant, upper, middle and bottom, the number of drops/cm² was negatively affected by the reduction in the volume of spray, with larger variations in the lower and middle parts of the plant, impacting on the leaf surface coverage, which did not exceed 13% and 26%, respectively, when used only mineral oil, reaching 17% and 30%, respectively, compared to the combination with the surfactant plus mineral oil, where the improve was responsible for increases of up to 16% in the coverage, which varied by up to 209% in the face of increases in spray volume. The reductions in the volume of the spray reduced the control of Asian rust by up to 2.3 times, when in the absence of the surfactant, and up to 1.7 times when its use, impacting on the leaf area index (LAI), which showed variations on the order of 6.5 times compared to changes in volume and up to 2.8 times when using the surfactant. The grain yield and the mass of one thousand seeds were reduced as the volume of the spray decreased and the reductions were less accentuated when the organosiliconate was used. In the volume of 40 L/ha, were observed differentials in the order of 14% compared to the surfactant, reaching 11 and 9% with the volumes of 70 and 100 L/ha, respectively. The results demonstrate that the leaf surface coverage and the number of drops/cm² along the plant profile respond to the addition of surfactant and to the increase in the volume of spray, with a direct relationship with the control of Asian soybean rust, impacting on the LAI and in the grain yield. Therefore, there are positive responses in the volume of spray/ha, as well as in the use of the organosiliconated surfactant, which becomes more important the lower volume of spray used. In the second experiment, conducted in 2015/16 harvest, with different cultivars, the objective was to estimate the impacts caused by the change in the droplet spectrum and / or the volume of the spray were estimated in relation to the spray deposits, leaf surface coverage, severity of Asian rust and grain yield. Maintaining the volume of the syrup and changing the spectrum of drops, from fine to medium, similarities were observed regarding spray deposits in the upper, middle and bottom part of the plant, however, there were variations in leaf surface coverage, which was shown to be superior with the use of medium drops, with variations close to 50% in the upper

portion, 58% in the middle portion and 400% in the bottom portion of the plant, reflecting in the area under the disease progress curve (AUDPC), increased compared to the use of fine drops, which provided decreases of up to 9% in grain yield. Keeping the spectrum of medium drops with variations on spray volume, was observed similarity in deposits, however, larger volumes provided increases in the leaf surface coverage, with variations of up to 68% in the upper portion, 77% in the middle and up to 98% in the bottom portion. The AUDPC showed to be larger in comparison to the low volumes of spray, which reflected on the yield of grains, reduced by up to 10%. Altering the volume of the syrup and the size of the droplets (thin or medium), there were variations in deposits of up to 73%, 54% and 30%, in the upper, middle and bottom portions, respectively, with superiority of higher volumes and medium drops. Regarding the coverage, medium drops and larger volumes provided differentials close to 9 times in the upper portion, 16 times in the median portion and 12 times in the bottom portion, having a direct impact on the AUDPC, with variations of up to 800 units, as well as relation to yield of grain, reduced by up to 16%, when spraying with fine droplets and low volumes. Thus, the higher volumes of the spray (on the order of 140 L/ha) and the use of a medium droplet spectrum (between 236 and 340 μm), imply gains in the deposition of the syrup and in the coverage of the leaf surface, impacting directly with increased rust control efficiency and grain yield. The observed behaviors are based on characteristic of low mobility of fungicides used for the management of Asian soybean rust.

Key words: 1. Spectrum of drops. 2. *Phakopsora pachyrhizi*. 3. Surfactant. 4. Application rate. 5. Application technology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	<i>A Ferrugem Asiática da soja</i>	17
2.2	<i>Medidas de controle da ferrugem asiática da soja</i>	19
2.3	<i>Tecnologia de aplicação</i>	22
2.3.1	Cobertura da superfície foliar	25
2.3.2	Pontas de pulverização	27
2.3.3	Tamanho de gotas	34
2.3.4	Adjuvantes	37
3	CAPÍTULO I	41
3.1	<i>Resumo</i>	41
3.2	<i>Introdução</i>	42
3.3	<i>Material e Métodos</i>	45
3.4	<i>Resultados</i>	50
3.5	<i>Discussão</i>	65
3.6	<i>Conclusão</i>	70
4	CAPÍTULO II	71
4.1	<i>Resumo</i>	71
4.2	<i>Introdução</i>	72
4.3	<i>Material e Métodos</i>	75
4.3.1	Variações no espectro de gotas	75
4.3.2	Variações no volume de calda	78
4.3.3	Variações no espectro de gotas e volume de calda	82
4.4	<i>Resultados</i>	93
4.4.1	Variações no espectro de gotas	93
4.4.2	Variações no volume de calda	97
4.4.3	Variações no espectro de gotas e volume de calda	100
4.5	<i>Discussão</i>	110
4.6	<i>Conclusão</i>	118
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
6	CONCLUSÃO GERAL	123
	REFERÊNCIAS	124
	ANEXOS	135
	<i>Anexo I Escala diagramática para a avaliação da severidade da ferrugem asiática da soja (GODOY et al., 2006).</i>	136

1 INTRODUÇÃO

Originaria da região da Manchúria, no continente asiático (HYMOWITZ, 1970), a soja vem sendo cultivada mundialmente há centenas de anos, frente à versatilidade de usos. O Brasil apareceu nas estatísticas internacionais como um dos produtores a partir dos anos de 1949, uma vez que a oleaginosa foi introduzida no País em 1882, na Bahia e o primeiro registro de cultivo deu-se no ano 1914, em Santa Rosa, no estado do Rio Grande do Sul (SANTOS, 1988, p. 8).

Mundialmente, na safra 2015/16, cerca de 119,7 milhões de hectares foram cultivados com a oleaginosa, onde produziu-se aproximadamente 312,4 milhões de toneladas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO, 2017), com destaque para os Estados Unidos da América (EUA), que apareceram como maiores produtores, atingindo 106,934 milhões de toneladas, com área de cultivo de 33,109 milhões de hectares e produtividade nos patamares de 3.230 kg/ha, seguido pelo Brasil, onde a área de cultivo alcançou 33,177 milhões de hectares, com produção de 95,631 milhões de toneladas e produtividade de 2.882 kg/ha (FAO, 2017).

Nacionalmente, no período de 2000 a 2016, a área de cultivo cresceu à taxa de 5,2% ao ano, com destaque para a região norte do País, a qual atingiu 19,7% de crescimento no período considerado, seguido pela região nordeste, com 7,5% de crescimento ao ano, no entanto, destacam-se em termos de participação sobre a área de cultivo a região centro-oeste e sul, com 45,5 e 34,5%, respectivamente, da extensão cultivada (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017). No que tange a produção, a taxa de crescimento nacional atingiu patamares de 6,6% ao ano, impulsionada pela região norte e nordeste do País, as quais alcançaram 20,9 e 8,6% de crescimento ao ano, respectivamente, porem as regiões que mais contribuíram para a produção brasileira foram a centro-oeste e sul, com 45,7% e 35,3%, respectivamente, do total produzido (CONAB, 2017).

O crescimento da produção brasileira de soja observado ao longo das safras deve-se, primordialmente, ao aumento da área de cultivo, uma vez que a produtividade cresceu à taxa de 1,3% ao ano, nos últimos 17 anos, sendo impulsionado pela região sul e sudeste, com crescimento 56,6 e 49,7%, respectivamente, superior à taxa nacional (CONAB, 2017).

A baixa taxa de crescimento da produtividade deve-se a inúmeros detratores que incidem sobre o rendimento da cultura da soja, dentre os quais, fatores de natureza biótica, como fitopatógenos, os quais destacam-se como os principais limitantes da produtividade, uma vez que no Brasil, cinquenta patossistemas são descritos para a soja (ALMEIDA et al., 2011, p. 643) e mundialmente, são listados mais de cem, com etiologia fúngica, bacteriana ou virótica (SINCLAIR; BACKMAN, 1989, p. 32).

Os danos e perdas causados pelas doenças dependem da incidência e da severidade, influenciadas, principalmente, pelas condições climáticas predominantes e pelas práticas de cultivo (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 72). As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em 15% a 20%, entretanto, algumas podem ocasionar perdas próximas a 100%, como a ferrugem asiática da soja (COSTAMILAN; BERTAGNOLLI; YORINORI, 2002; ALMEIDA et al., 2011, p. 643)

Apesar de inúmeras estratégias disponíveis para o manejo da doença, destaca-se o controle químico, através da utilização de fungicidas, uma vez que seu uso é considerado fácil, quando comparado a outros métodos, além de gerar resultados rápidos (SANTOS; JULIATTI; SANTOS, 2007; SEIXAS; GODOY; FERREIRA, 2006). No entanto, diante da redução do controle pelos fungicidas, em função da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* aos fungicidas triazóis e estrobilurinas, o controle da doença e a manutenção da área foliar têm sido dificultados (GODOY et al., 2016), logo a adoção de medidas integradas, visando o controle da doença torna-se relevante para a sustentabilidade da cultura (REIS; CASA; DEUNER, 2012, p. 414; GODOY et al., 2016; LANGENBACH et al., 2016).

A aplicação de produtos fitossanitários, em especial dos fungicidas, somente apresenta bons resultados quando segue princípios técnicos, uma vez que sofre influência de diversos fatores, como a escolha de fungicidas eficientes e sua aplicação de acordo com o modo de ação dos produtos, momento e frequência das aplicações, volume de aplicação e adequação da tecnologia de aplicação ao alvo e à cultura (CUNHA; SILVA, 2010). Portanto, a penetração de gotas no interior do dossel de uma cultura é de fundamental importância para o controle químico de doenças, especialmente daquelas que iniciam seu desenvolvimento no terço inferior das plantas, como é o caso da ferrugem asiática da soja (RAETANO, 2007).

Na busca de qualidade na pulverização, a qual é definida como a quantidade correta do produto que alcança o alvo, deve-se utilizar um número e tamanho de gotas adequado, homogeneamente pulverizadas e aplicadas, com o mínimo de perdas, por deriva, escorrimento e evaporação (CUNHA et al., 2003; CUNHA; COELHO; ARAÚJO, 2010). Logo, torna-se relevante distribuir o volume de calda pulverizado, de maneira uniforme, ao longo da planta, com o intuito de que todas as partes recebam quantidades similares do produto fitossanitário (RAMOS, 2000).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo, estudar os aspectos relacionados a tecnologia de aplicação de fungicidas, no que tange a cobertura da superfície foliar e a deposição da calda ao longo da planta, bem como a influência da tecnologia de aplicação no avanço da epidemia de ferrugem asiática da soja e o impacto no rendimento de grãos, frente a alterações no volume de calda/ha e alterações no espectro de gotas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Ferrugem Asiática da soja

Detectada pela primeira vez no Japão, em 1902, a ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, assumiu caráter epidêmico em vários países do Sudoeste da Ásia a partir de 1914 (HENNING; GODOY, 2006, p. 3). No continente americano, o primeiro registro da ocorrência deu-se em 1976 em Porto Rico (VAKILI; BROMFIELD, 1976), seguindo pelo Hawaii em 1994 (KILLGORE; HEU, 1994).

O primeiro relato na América do Sul ocorreu no Paraguai, em fevereiro de 2001 e no ano de 2002 a doença foi relatada no Brasil e na Argentina (COSTAMILAN; BERTAGNOLLI; YORINORI, 2002; ROSSI, 2003; YORINORI et al., 2005). Em 2003 foi relatada na Bolívia e na Colômbia (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 33), progredindo em 2004 para o Uruguai (STEWART; GUILLIN; DIAS, 2005) e 2005 no Equador, México e Estados Unidos (SCHNEIDER; HOLLIER; WHITAM, 2005; CÁRCAMO-RODRÍGUEZ; AGUILAR-RÍOS; HERNÁNDEZ, 2006; YÁÑEZ-MORALES et al., 2009).

No cenário atual, a ferrugem asiática está presente em todos os países onde a soja é cultivada. Os danos variam de 10 a 90% (REIS et al., 2012, p. 71; FORCELINI, 2009, p. 47) e estima-se que as perdas entre 2002 e 2013 contabilizaram 21 bilhões de dólares, incluindo os impactos diretos e indiretos a economia brasileira (GODOY et al., 2016).

O agente causal da doença é um organismo biotrófico, para tanto, requer plantas vivas para sobreviver, sendo a própria soja ou então hospedeiros secundários. Ao contrário de outras ferrugens, *P. pachyrhizi* pode naturalmente infectar uma vasta gama de espécies vegetais, incluindo 41 espécies em 17 gêneros da família Fabaceae. Além disso, 60 espécies de plantas pertencentes a 26 gêneros foram infectadas

experimentalmente sob condições controladas (RYTTER; DOWLER; BROMFIELD, 1984).

Os sintomas iniciais da doença caracterizam-se por pontos escuros sobre as folhas, com coloração variando de esverdeada a cinza esverdeada, com protuberância na face inferior da folha (ALMEIDA et al., 2011, p. 646). Progressivamente, as pústulas adquirem coloração castanho-clara a castanho-escura, abrem-se em um póro, liberando os uredosporos (BROMFIELD; MELCHING; KINGSOLVER, 2006; ALMEIDA et al., 2011, p. 646), de coloração hialina, os quais tornam-se beges e acumulam-se ao redor dos poros ou são removidos pelo vento (HARTMAN; HAUDENSHIELD, 2009; ALMEIDA et al., 2011, p. 649).

À medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor das primeiras urédias adquire coloração castanho-claro, sendo denominada de lesão susceptível ou castanho-avermelhada, caracterizando a lesão resistente (BONDE et al., 2006; ALMEIDA et al., 2011, p. 649). Os esporos produzidos são facilmente transportados pelo vento a longas distâncias, pela aerodinâmica favorável (NAVARINI et al., 2007), os quais, encontrando temperaturas entre 15 e 28 °C, sendo a temperatura ótima 22,5 °C, aliado a molhamento foliar superior a seis horas, germinam, infectam a planta e dão início ao parasitismo (ALMEIDA et al., 2011, p. 649; REIS et al., 2012, p. 71).

A observação dos sintomas pode-se dar em qualquer estágio de desenvolvimento e em diferentes partes da planta, como cotilédones, folhas e hastes, sendo os sintomas foliares os mais característicos e esporadicamente, as urédias podem aparecer na parte superior das folhas (ALMEIDA et al., 2011, p. 650; REIS et al. 2012, p. 72). As lesões iniciais são encontradas nas folhas localizadas na base da planta, uma vez que, com o desenvolvimento das plantas forma-se um microclima na porção inferior da planta, com menor variação de temperatura e maior período de molhamento, contemplando assim, com maior frequência o período crítico demandado pelo fungo (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 61). A fase final da epidemia é caracterizada pelo amarelecimento da folhagem e intensa desfolha a qual impede a completa formação e o enchimento dos legumes, diminuindo assim, o número e o peso final das sementes (SOARES et al., 2004;

MEDICE et al., 2007), logo causando perdas na produção (HARTMAN; MILES; FREDERICK, 2005).

Os danos à produtividade são o reflexo de um conjunto de efeitos que a ferrugem causa sobre a soja, dentre os quais a desfolha precoce, a redução de área foliar e a redução do acúmulo de matéria seca. As restrições na fotossíntese, em especial pela desfolha, podem afetar a disponibilidade de assimilados destinados a semente, reduzindo sua taxa ou duração de enchimento, principalmente pela redução do ciclo da cultura (KUMUDINI et al., 2008). Logo, o seu controle fundamenta-se na preservação da área foliar sadia, uma vez que, quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área, portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na longevidade dos folíolos (FIALLOS; FORCELINI, 2013).

2.2 Medidas de controle da ferrugem asiática da soja

As medidas de controle da doença fundamentam-se, essencialmente em princípios epidemiológicos, uma vez que atuam nas relações existentes entre a planta, o patógeno e o ambiente, aliadas ao tempo, impedindo ou retardando o desenvolvimento sequencial dos eventos no ciclo das relações patógeno-hospedeiro. Assim, o comportamento da epidemia de ferrugem asiática da soja pode ser dado pela função: $x = x_0 \cdot e^{rt}$, onde a proporção (x) de doença em um dado tempo (t) é determinada pelo inóculo inicial (x_0), pela taxa média de infecção (r) e pelo tempo (t) durante o qual o hospedeiro esteve exposto ao patógeno (KIMATI; BERGAMIN FILHO; AMORIN, 2011, p. 311).

Com base nos princípios epidemiológicos, três estratégias, preferencialmente empregadas em conjunto, podem ser utilizadas para minimizar os impactos da doença, sendo: 1) eliminar ou reduzir o inóculo inicial ou atrasar o seu aparecimento; 2) diminuir a taxa de desenvolvimento da doença; e 3) encurtar o período de exposição da cultura ao patógeno. Assim, a indicação das medidas de controle mais convenientes, reside fundamentalmente no valor numérico de r . Diante das características do fungo *P. pachyrhizi*, onde os valores de r são elevados, as medidas de controle que o reduzem, são

as que mais afetarão o desenvolvimento da epidemia (KIMATI; BERGAMIN FILHO; AMORIN, 2011, p. 311).

Estratégias de manejo como a restrição do cultivo da soja em certas épocas do ano, em determinadas regiões, caracterizando o vazio sanitário, a eliminação de plantas guaxas ou tigueras e a eliminação de hospedeiros secundários (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 82; GODOY et al., 2016), são alternativas com as quais consegue-se alterar o montante de inóculo inicial (x_0), tendo em vista que o principal mecanismo de sobrevivência do fungo *P. pachyrhizi*, é o parasitismo de plantas vivas no período em que o hospedeiro principal não está sendo cultivado (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 82; ALMEIDA et al., 2011, p. 651).

Além de atuar sobre o x_0 , o vazio sanitário constitui-se em uma forma de alterar a taxa de progresso da doença, em função de reduzir a produção de inóculo e a sua disseminação (GODOY et al., 2016). A semeadura no início da época recomendada e o emprego de cultivares de ciclo precoce (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 83) consistem em alternativas para diminuir o tempo de exposição do hospedeiro ao patógeno, logo alterando o elemento t da equação.

A mudança de algumas práticas culturais, como o arranjo de plantas e o manejo da irrigação, a utilização de materiais genéticos resistentes à ferrugem asiática e o tratamento químico, constituem-se nas principais estratégias para alterar a evolução da doença, afetando diretamente o fator r do modelo que simula o comportamento da epidemia.

O arranjo de plantas, no que tange principalmente ao espaçamento entre linhas, impacta sobre a severidade da ferrugem e também sobre a distribuição do fungicida durante a aplicação, (RAMOS, 2009; MADALOSSO et al., 2010; REIS; CASA; DEUNER, 2012, p. 412). Em alta densidade de semeadura e em espaçamentos densos, há dificuldade na penetração da calda e, conseqüentemente poderá haver cobertura deficiente das folhas no dossel, sendo assim o controle da doença tende a ser deficiente, mesmo adotando-se fungicida eficiente (MADALOSSO et al., 2010). O manejo da

irrigação por aspersão, fundamenta-se em evitar as condições de molhamento da superfície foliar, o que tende a favorecer à germinação dos esporos e à penetração do fungo na planta (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 84).

A utilização de resistência à ferrugem da soja é uma das estratégias mais eficaz a longo prazo, conveniente e viável economicamente para controlar a doença (BROMFIELD; MELCHING; KINGSOLVER, 2006; LAPERUTA et al., 2008; ARAUJO; VELLO, 2010; MELO; ROESE; GOULART, 2013), e fundamenta-se em alterações na capacidade de esporulação do fungo, afetando o progresso da doença frente a redução do montante de esporos produzidos (KIMATI; BERGAMIN FILHO; AMORIN, 2011, p. 313; GODOY et al., 2016).

No que tange ao controle químico da ferrugem asiática da soja, diferenças notórias no rendimento ocorrem em virtude da aplicação de fungicidas (NAVARINI et al., 2007), uma vez que, por mais eficientes que sejam os fungicidas utilizados no controle da ferrugem da soja, ainda existem alguns pontos críticos, como o momento ideal para início da aplicação, o que pode comprometer os resultados (GODOY et al., 2007; FORCELINI, 2009, p. 51; GODOY et al., 2016).

As aplicações preventivas atrasam o início da epidemia, reduzem a eficiência de infecção do inóculo inicial e diminuem o ritmo de desenvolvimento da doença, sendo que todos os três efeitos contribuem para a redução da quantidade final da ferrugem, porém o atraso da epidemia destaca-se como o mais importante (FORCELINI, 2009, p. 52). Por sua vez, as aplicações tardias de fungicidas ou realizadas com presença de doença não apresentam controle suficiente para evitar danos e perdas (GODOY et al., 2009; GODOY et al., 2016). Mesmo que os fungicidas sejam eficientes, o controle da doença não tem se mostrado satisfatório, sendo uma das razões a aplicação inadequada dos produtos (CUNHA et al., 2008), em especial a deficiência da cobertura do alvo pela pulverização (BUTZEN et al., 2005). Logo, a tecnologia de aplicação apresenta papel fundamental na eficácia de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja.

2.3 Tecnologia de aplicação

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários resulta do emprego de todos os conhecimentos científicos, os quais possibilitam a correta colocação do produto biologicamente ativo em um alvo, na menor quantidade necessária, de forma econômica e com a mínima contaminação de áreas adjacentes (MATUO, 1990, p. 32). Logo, a tecnologia de aplicação torna-se uma ciência complexa e abrangente, pois não trata apenas de itens passíveis de serem controlados, como tipo de ponta, velocidade de trabalho, altura de barra, mas também de questões referentes ao alvo e aos fatores e elementos climáticos, variáveis em cada aplicação (CARVALHO, 2007).

A aplicação de produtos fitossanitários, em especial dos fungicidas, somente apresenta bons resultados quando segue princípios técnicos, uma vez que sofre influência de diversos fatores, como a escolha de fungicidas eficientes e sua aplicação de acordo com o modo de ação dos produtos, momento e frequência de aplicações, volume de aplicação e adequação da tecnologia de aplicação ao alvo e à cultura (CUNHA; SILVA, 2010; HILZ; VERMEER, 2013). Assim, a tecnologia de aplicação não restringe-se somente a pulverização e aplicação do produto, porém a interação entre vários fatores, tais como: a cultura, a doença, o equipamento de pulverização e o meio ambiente (AZEVEDO, 2015, p. 178).

O controle é considerado eficiente quando é possível aliar um baixo custo com um mínimo de contaminação ambiental (CUNHA; COELHO; ARAUJO, 2010; FRITZ; HOFFMANN; BAGLEY, 2010). A pulverização é um fator limitante e talvez o elo mais fraco na cadeia de eventos de um agroquímico, após seu processo de desenvolvimento, onde cerca de 70% da eficiência ou do sucesso do uso do agroquímico dependerá da efetividade da pulverização (AZEVEDO, 2015, p. 74).

Os fatores do ambiente podem auxiliar ou prejudicar a deposição dos produtos fitossanitários sobre os seus alvos no momento da pulverização. Assim, situações com umidade relativa inferior a 50%, temperatura maior que 30°C e velocidade do vento superior a 10 km/h (ideal 3 a 10 km/h) devem ser evitadas uma vez que as perdas por

deriva serão acentuadas em tais condições. Ainda, visando a qualidade da pulverização e aplicação do fungicida, a presença de orvalho e a ocorrência de chuvas logo após as aplicações deve ser levada em consideração, pois constuam-se em potenciais perdas por escorrimento e lavagem do produto, respectivamente. Ainda deve-se observar a ausência de vento, pois pode ser acompanhada pelo fenômeno conhecido como inversão térmica, comprometendo a aplicação e incrementando a deriva (FRITZ; HOFFMANN; BAGLEY, 2010; ANTUNIASSI, 2012, p. 116).

A penetração de gotas no interior do dossel de uma cultura é de fundamental importância para o controle químico de doenças, especialmente daquelas que iniciam seu desenvolvimento no terço inferior das plantas, como é o caso da ferrugem asiática da soja (RAETANO, 2007). Logo, torna-se relevante distribuir o volume de calda pulverizado, de maneira uniforme, ao longo da planta, com o intuito de que todas as partes recebam quantidades similares do produto fitossanitário (RAMOS, 2000). Na busca de qualidade na pulverização, a qual é definida como a quantidade correta do produto que alcança o alvo, deve-se utilizar um número e tamanho de gotas adequado, homoganeamente pulverizadas e aplicadas, com o mínimo de perdas, por deriva, escorrimento e evaporação (CUNHA et al., 2003; CUNHA; COELHO; ARAÚJO, 2010).

A arquitetura de plantas de soja, ou seja, o conjunto de características que definem a forma, tamanho, geometria e estrutura da planta, caracterizando sua organização tridimensional, exerce efeito significativo na cobertura da superfície foliar e na penetração de gotas do tratamento fitossanitário. Assim quanto maior o índice de área foliar (IAF), maior a dificuldade de penetração da calda aplicada em todo o dossel da planta (DEBORTOLI et al., 2012). Ainda, as variações entre cultivares de soja, proporcionam barreiras físicas distintas à penetração de gotas no dossel, as quais precisam ser superadas pelas gotas para que ocorra cobertura adequada da planta pelo fungicida e logo o controle eficiente da doença (DEBORTOLI et al., 2012).

A eficiência das gotas geradas por uma ponta de pulverização em chegar nas camadas inferiores do dossel vegetal depende das características de arquitetura da cultivar utilizada. Cultivares que possuem maior área foliar e maior número de ramificações

laterais permitem mais rapidamente o fechamento das entre linhas, o que gera dificuldade no transporte das gotas para as camadas inferiores do dossel (TORMEN et al., 2012). A penetração do ingrediente ativo no interior do dossel é condição essencial para o controle eficaz da doença e, à medida que a cultura cresce, atingir as camadas inferiores do dossel se torna cada vez mais difícil (DEBORTOLI et al., 2012; TORMEN et al., 2012).

Plantas de soja com características mais eretas e com trifólios lanceolados permitem maior penetração de luz e maior penetração de gotas na parte interna do dossel, permitindo ainda menor microclima para desenvolvimento da ferrugem asiática da soja. Por sua vez, plantas com hábito foliar mais palmado impedem a penetração de luz e das gotas, reduzindo a eficiência da aplicação pelo não atingimento do alvo e falta de princípio ativo por área foliar tratada (MADALOSSO et al., 2010). Apesar das diferenças morfológicas, a deposição de gotas nos estratos mediano e inferior do dossel de diferentes cultivares não ultrapassa a 20% (TORMEN et al., 2012) e a deposição no terço superior em relação ao inferior chega a ser maior que três vezes (VILLALBA et al., 2009; CUNHA et al., 2011).

Aliado as barreiras impostas pela planta quanto a cobertura e deposição da calda pulverizada, as técnicas de pulverização, através de pontas de energia hidráulica ou centrífugas, com menores ou maiores volumes de aplicação, oferecem baixa recuperação de depósitos e coberturas nos terços médios e inferiores das plantas de soja ocasionando baixa eficiência do fungicida, logo baixos níveis de controle (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010; CUNHA et al., 2011).

Os fungicidas empregados para o manejo da ferrugem asiática da soja, podem ser classificados como, não penetrantes, os quais quando aplicados nos órgãos aéreos não são absorvidos, logo, não são translocados, permanecendo no local onde foram depositados, ou então são classificados como penetrantes, os quais, uma vez depositados na superfície do órgão vegetal deslocam-se para o interior dos tecidos foliares (REIS; REIS; CARMONA, 2010, p. 51; REIS; REIS, 2015, p. 42). Os fungicidas penetrantes, em sua maioria, apresentam uma ação loco-sistêmica, sendo transportados apenas a pequenas

distâncias dentro da folha a partir do ponto de deposição (REIS; REIS; CARMONA, 2010, p. 52).

2.3.1 Cobertura da superfície foliar

Para o controle eficiente da ferrugem asiática há necessidade das gotas serem depositadas, em quantidades adequadas em todas as folhas da planta, promovendo a cobertura da superfície foliar de maneira uniforme e com adequada distribuição ao longo da planta (ANTUNIASSI, 2006, p. 28). Assim, o controle de doenças da soja pode ser aumentado com o uso de maiores volumes de calda, mudanças no tamanho das gotas e uso de adjuvantes que aumentem o espalhamento e cobertura da superfície foliar tratada (CARVALHO et al, 2013; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014). O sucesso em uma aplicação é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura, já que a eficácia do tratamento não depende somente da quantidade de fungicida depositado sobre as plantas (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006).

A porcentagem da superfície foliar visada (alvo) que é coberta pela calda de uma pulverização de um agroquímico é denominada cobertura, sendo expressa em percentual. A cobertura é dada pela equação de Courshee (1967, p. 243), sendo:

$$C = \frac{15 \cdot V \cdot R \cdot K^2}{A \cdot D}$$

Sendo:

C: Cobertura (% da área);

V: Volume de aplicação (L/ha);

R: Taxa de recuperação (% do volume aplicado);

K: fator de espalhamento de gotas;

A: superfície vegetal existente no hectare;

D: diâmetro de gotas

De acordo com as variáveis contidas na equação, para aumentar a cobertura deve-se aumentar o volume da aplicação (V), uma vez que a taxa de recuperação (R), correspondente à porcentagem do volume aplicado capturado pelo alvo, é dependente de diversos fatores inerentes à tecnologia de aplicação, como momento de aplicação, configuração da máquina e arranjo de plantas. O fator de espalhamento de gotas (K) é uma função quadrática, logo, atua sensivelmente na cobertura, podendo ser maximizado com a utilização de adjuvantes tensoativos à calda, os quais reduzem a tensão superficial da gota, diminuindo o ângulo de contato com a superfície foliar e aumentando a área de contato das gotas com a superfície foliar (AZEVEDO, 2015, p. 70).

Diminuindo-se o denominador (A e/ou D), também se pode aumentar a cobertura, no entanto, o uso de gotas menores tende a aumentar as perdas por deriva. Tendo em vista que no transcorrer do ciclo da cultura ocorre o aumento do IAF, deve-se efetuar ajustes necessários nas outras variáveis da equação, caso contrário a eficácia da aplicação é comprometida (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; AZEVEDO, 2015, p. 74).

Outra maneira de expressar a cobertura do alvo é através do número de gotas/cm². Esse parâmetro é mais fácil de ser determinado, tanto na forma de contagem manual quanto como através de softwares, e estabelece a quantidade mínima de gotas para que o produto expresse seu efeito. Dessa forma, para fungicidas penetrantes há a recomendação de 30 a 50 gotas/cm², já para fungicidas não penetrantes recomendam-se mais de 70 gotas/cm² (ANTUNIASSI et al., 2006, p. 25; ANTUNIASSI, 2012, p. 123).

As aplicações de fungicida com diferentes volumes de calda podem resultar em diferentes controles da ferrugem asiática, quando realizadas em cultivares com características distintas de arquitetura, frente a deficiências na cobertura da superfície foliar (CUNHA et al., 2008; DEBORTOLI et al., 2012). Ainda, a redução da água no interior do tanque para a mesma quantidade de ingrediente ativo causa menor diluição, necessitando maior precisão na pulverização, bem como a redução do volume de calda por hectare pode reduzir a eficiência de controle do fungicida e seu residual (CUNHA et al., 2008; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

A redução do volume de calda na aplicação implica no emprego de gotas de menor tamanho, buscando-se obter uma adequada cobertura do alvo, no entanto, incrementando os riscos de deriva (RAMOS, 2000; MATUO, 2010, p. 56), logo as taxas de aplicação com volume reduzido, que aparecem como alternativa para o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores, podem afetar negativamente a eficácia de controle em determinadas situações (RAMOS, 2000; CUNHA et al., 2008; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014; PRADO et al., 2015).

Assim, espera-se, em geral, que o incremento do volume de calda aplicado propicie aumento da quantidade de calda retida na planta, no entanto, até certo limite, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer o escorrimento, o que não é desejável, pois constitui-se como um fator de perda (CUNHA et al., 2008). Em maiores quantidades de folhas, o aumento de volume de calda pode fornecer cobertura e penetração adequadas para proteger as folhas da soja contra o patógeno (OZKAN et al., 2000; BUTZEN et al., 2005)

2.3.2 Pontas de pulverização

A eficiência da aplicação é determinada pela adequada deposição e distribuição do produto no alvo, logo, a escolha da ponta de pulverização é fundamental para que se obtenham gotas de tamanho ideal, somadas ao momento de aplicação mais oportuno, compondo um conjunto de fatores que devem ser considerados na tomada de decisão para o controle das doenças (MADALOSSO et al., 2010; CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016).

A seleção das pontas de pulverização serve para adequar o pulverizador ao tipo de aplicação que será realizada, buscando sempre otimizar o efeito biológico e a capacidade da máquina aplicadora (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 51), sendo que na tecnologia de aplicação de agrotóxicos, a seleção de pontas de pulverização mais adequadas representa uma das alternativas para redução de deriva, com o objetivo principal de aumentar o tamanho de gota.

As pontas de energia hidráulica são utilizadas quase na totalidade dos pulverizadores de barras, nos quais há predominância das pontas de jato plano (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 52), no entanto, além destas, são empregadas ainda pontas de jato cônico e pontas de impacto (MATUO et al., 2010, p. 39; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 52).

Pontas de jato plano

As pontas de jato plano são caracterizadas pela presença de um orifício, em forma elíptica ou por uma ranhura transversal, posicionada na parte anterior, de maneira a proporcionar um jato em forma de leque. O formato interno da ponta proporciona um choque entre correntes de líquido, em um orifício de formato lenticular ou elíptico, originando um filme plano de líquido, sendo o formato da parte interna e do orifício responsável, entre outras características pela forma de distribuição das gotas e pelo ângulo do leque, que também varia em função da pressão de pulverização (MASIÁ; CID, 2010, p. 81; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 56).

Na grande maioria das pontas de jato plano o padrão de distribuição volumétrica caracteriza-se por apresentar maior quantidade de líquido na parte central do jato pulverizado e menor nas extremidades, onde tal fato evidencia a necessidade de recobrimento dos jatos quando várias pontas de pulverização estão colocadas lado a lado na barra, de maneira a proporcionar uma cobertura uniforme na área a ser tratada, sendo assim as pontas devem obedecer a espaçamentos e alturas adequadas em relação ao alvo, para obter a sobreposição de jatos necessária para uniformizar a distribuição da pulverização, ao longo da largura de uma faixa tratada por uma passagem do pulverizador (MASIÁ; CID, 2010, p. 82; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 56).

Do ponto de vista do ângulo de abertura do jato plano, o mesmo apresenta dois efeitos diretos: o tamanho das gotas geradas e a altura de trabalho da barra de pulverização. O menor ângulo de abertura dos jatos implica na formação de gotas maiores, por sua vez o maior ângulo de abertura ocasiona maior percentagem de gotas finas, suscetíveis à deriva, em pontas de mesma vazão. Da mesma forma, pontas que

formam jatos com ângulo de 80°, produzem frações significativamente menores de gotas com tamanho inferior a 200 micrometros (μm), quando compradas com pontas que originam jatos com ângulo de 110°. Ainda, o efeito da pressão de trabalho é significativo sobre o tamanho de gotas produzidas por essas pontas.

Em relação à altura da barra de pulverização sobre o alvo, há necessidade de que ocorra a sobreposição dos jatos de pulverização, no mínimo de 30%, aliado ao ângulo de 9°, formado pelo jato e o eixo da barra, de modo que os jatos possam produzir a desejada sobreposição sem se cruzar (MASIÁ; CID, 2010, p. 83; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 58).

As pontas de jatos planos convencionais (leques) são utilizadas para aplicações dos mais diversos produtos fitossanitários e são operadas com pressões variando de 200 a 400 kPa, no entanto as pontas de jato plano de uso estendido (série XR Teejet[®]) foram desenvolvidas para operar em maior amplitude de pressão do que as pontas convencionais (*standard fan*), as quais podem ser empregadas para produzir gotas grandes, resistentes contra a deriva, ao operar com pressões em torno de 100 kPa e gotas pequenas, com maior capacidade de penetração no perfil da planta, quando operadas com pressões na ordem de 400 kPa (MASIÁ; CID, 2010, p. 81; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 60).

Algumas pontas de jato plano de grande ângulo são operadas na faixa de 100 a 600 kPa de pressão, sendo que pontas de jato plano com indução de ar operam na faixa de 200 a 1000 kPa, gerando gotas grandes, resistentes à deriva (MATUO et al., 2010, p. 53; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 60).

Pontas de impacto

Nas pontas de impacto, um jato de líquido é arremessado contra uma superfície, com alto ângulo de incidência, formando um filme plano de líquido, com ângulo de abertura variando de 80° a 160° e originando gotas de tamanho grande. A pressão de operação das pontas de impacto deve ser mantida entre 69 a 172 kPa e o espaçamento ao longo da barra não deve ultrapassar 1,50 m, sendo a melhor uniformidade de distribuição

da pulverização obtida com espaçamento entre 0,75 e 1,00 m, onde a orientação das pontas em relação a horizontal pode variar entre 0° e 45°, combinado com a altura de condução da barra que proporcione 100% de sobreposição dos jatos de pulverização (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 60).

Pontas de jato cônico

As pontas de jato cônico, na maioria das vezes são compostas por disco mais difusor, no qual a presença ou ausência de um orifício na parte central permite diferenciar a forma do jato em cônico cheio ou vazio, respectivamente. A deposição das gotas em pontas de jato cônico vazio concentram-se somente na periferia do cone, apresentando-se sob forma de um anel líquido quando projetado em uma superfície plana. Logo a projeção do jato cônico cheio em uma superfície plana caracteriza-se pela formação de um círculo, com gotas depositadas em toda sua área (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 61).

O difusor serve para proporcionar movimento helicoidal ao jato líquido que por ele passa, sendo que a passagem da calda líquida faz-se através de aberturas de diferentes tamanhos e números. As pontas de jato cônico vazio também podem ser constituídas por uma única peça e são mais utilizadas quando necessita-se maior cobertura, diante da produção de gotas com espectro fino a muito fino (MATUO et al., 2010, p. 55; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 62).

Devido à elevada percentagem de gotas muito finas que produzem, a utilização de gotas de jato cônico vazio em barras de pulverização pode ocasionar elevados valores de perdas por deriva e coeficiente de variação da distribuição da vazão ao longo da barra acima do desejado (superior a 30% em pontas novas), uma vez que a sobreposição dos jatos acentua a altura dos picos, que são laterais a faixa tratada por cada ponta.

Em função de operar com níveis de pressão mais elevados e devido a trajetória das gotas, que atingem os alvos a partir de diversas direções, as pontas de jato cônico apresentam potencial para uso em barras de pulverização, principalmente quando há necessidade de obter maior penetração no interior do dossel de plantas com alto índice de

área foliar (MASIÁ; CID, 2010, p. 85; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 63; CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016).

Por outro lado, as pontas de jato cônico vazio apresentam maior uniformidade de gotas geradas, quando comparadas as pontas de jato plano. Também, nas pontas de jato cônico a variação da pressão de pulverização exerce menor efeito na vazão e sobre o tamanho de gotas produzidas, em relação a outros modelos de pontas (MASIÁ; CID, 2010, p. 86).

Pontas de jatos planos duplos

Uma alternativa ao uso das pontas de jato cônico são as pontas de jatos planos duplos, que apresentam uma deposição de calda mais uniforme, quando comparadas as de jato cônico e eventualmente menores perdas de gotas por deriva. Logo, a angulação do jato tende a ser mais incisiva na penetração e cobertura do produto no dossel inferior da cultura, condição indispensável na aplicação de fungicidas (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 63).

As pontas de jatos planos duplos são indicadas para aplicação de agroquímicos em alvos tridimensionais, em culturas com alto índice de área foliar, como a cultura da soja, uma vez que com tais pontas, por direcionar dois jatos sobre a mesma área, as gotas originadas têm maior capacidade de alcançar alvos encobertos pelo efeito guarda-chuva das folhas de uma cultura (MASIÁ; CID, 2010, p. 83; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 64).

Os jatos podem apresentar ângulos de abertura de 65°, 80° ou 110° e, via de regra, são voltados 30° para frente e 30° para trás, em relação a vertical. Uma vez que as pontas de jato plano apresentam dois orifícios, a sua vazão é resultante da soma destes que, por sua vez apresentam tamanho equivalente àqueles de pontas da metade da sua vazão, assim uma ponta que apresenta vazão de 0,76 L/min é composta por dois orifícios com vazão de 0,38 L/min, logo as gotas produzidas pela ponta de jatos planos duplos com vazão 0,76 L/min serão do tamanho das gotas de uma ponta de jato plano simples, com vazão 0,38

L/min, o que implica em maior cobertura do alvo, maior capacidade de penetração das gotas no interior do dossel das plantas, porém há também maior risco de deriva. Isso impulsionou o desenvolvimento de pontas de jatos planos duplos com dispositivos redutores de deriva, que incluem os pré-orifícios câmaras de turbulência ou a indução de ar, as quais proporcionam a vantagem dos jatos duplos, sem reduzir excessivamente o tamanho das gotas, o que é especialmente importante em pontas de menor vazão (MASIÁ; CID, 2010, p. 84; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 64).

Pontas de pulverização de deriva reduzida

Com o intuito de reduzir a deriva nas aplicações de agroquímicos, diversos modelos de pontas foram desenvolvidos e passaram a ser denominadas de pontas de deriva reduzida. Estas são capazes de reduzir drasticamente a produção de gotas com diâmetro inferior a 100 μm , utilizando para isso artificios como pré-orifícios, câmaras de turbilhonamento e a indução de ar (MATUO et al., 2010, p. 55; MASIÁ; CID, 2010, p. 83; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 65).

Pontas de pulverização com pré-orifício

Nas pontas com pré-orifício, o líquido a ser pulverizado passa através de um orifício pequeno e alcança uma pré-câmara, seguindo para uma passagem que o leva ao exterior. O pré-orifício ocasiona redução da velocidade do líquido, criando condições para a formação de gotas maiores e reduzindo a produção de gotas menores que 200 μm entre 50 e 80%, quando comparadas as pontas de jato plano convencional, de mesma vazão, operadas a mesma pressão. Estas pontas estão disponíveis com jatos de 80° e 110° e sua pressão de operação é de 200 a 500 kPa (MASIÁ; CID, 2010, p. 83; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 65).

Pontas de pulverização com câmara de turbilhonamento

As pontas com câmara de turbilhonamento (Turbo Teejet TT[®]) representam um híbrido entre as pontas de jato plano e as pontas de impacto, reunindo as vantagens de

ambas. Estas possuem uma câmara de turbilhonamento que antecede a saída de um jato de impacto, resultando em maior tamanho de gotas, com padrão de distribuição mais uniforme do que as demais pontas.

O ângulo de abertura dos jatos supera os 110° e a faixa indicada de pressão é mais larga dentre as pontas de jato plano, variando de 100 a 600 kPa, onde a câmara de turbilhonamento pode estar associada a pontas de jatos planos duplos (Teejet TTJ[®]), cujas gotas são maiores que das pontas TT da mesma vazão (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 66). O grande ângulo e a uniforme deposição de gotas ao longo da faixa de alcance permitem que essas pontas sejam menos sensíveis a variação de altura de condução da barra do pulverizador, absorvendo dessa forma irregularidades do terreno (MASIÁ; CID, 2010, p. 84; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 66).

Pontas de pulverização com indução de ar

Por sua vez, as pontas com indução de ar, também conhecidas como pontas do tipo Venturi, representam um maior avanço na direção de reduzir a deriva e a contaminação do ambiente pelas pulverizações de agroquímicos. Essas pontas promovem a mistura de ar com a calda de pulverização, de modo que as gotas produzidas são “ocas” e muito maiores do que aquelas obtidas com as pontas convencionais de mesma vazão (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 67; CZACZYK; KRUGER; HEWITT, 2012). A inclusão de ar nas gotas não é eficiente com pressões abaixo de 200 kPa, devendo essas pontas ser operadas com pressão variando entre 200 e 1000 kPa, sendo que as pontas de indução de ar podem ser de jatos planos, jatos planos duplos e jatos cônicos (MASIÁ; CID, 2010, p. 83; CZACZYK; KRUGER; HEWITT, 2012).

As gotas maiores, com maior massa, deslocam-se com maior velocidade entre a barra do pulverizador e o alvo, permanecendo menos tempo expostas a ação do ambiente e ao impactar sobre o alvo, as gotas “ocas” geradas pelas pontas com indução de ar “rompem-se” e promovem uma maior cobertura da superfície foliar tratada, uma vez que a indução de ar nas gotas promove o amortecimento do impacto, reduzindo-se o efeito de

ricocheteamento, o que aumenta a deposição dessas gotas quando comparadas com gotas sem inclusão de ar (MASIÁ; CID, 2010, p. 83; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 67).

Para aplicação de fungicidas, o espectro de gotas é fundamental e varia de acordo com a ponta de pulverização. Embora pontas cônicas sejam recomendadas para aplicações de fungicidas, elas produzem espectro de gotas muito finas, que são muito propensas à deriva (PAULSRUD; MONTGOMERY, 2005). As pontas de jato plano têm sido muito utilizadas por apresentarem a característica de trabalharem em uma faixa ampliada de pressão e por produzirem um padrão de gotas que variam de finas a médias, logo menos sujeitas à deriva que as produzidas por pontas cônicas (OZKAN et al., 2000). As pontas de impacto têm característica de apresentarem espectro de gotas média/grossa com significativa redução no potencial de deriva das gotas. Ainda, as pontas de jatos planos duplos, proporcionam boa penetração em folhagens mais densas devido ao seu ângulo e produzem espectros de gotas finas com boa cobertura (PAULSRUD; MONTGOMERY, 2005).

2.3.3 Tamanho de gotas

No processo de pulverização, a gota forma-se quando um líquido é forçado, sob pressão, através de um orifício. O seu tamanho será determinado pelo diâmetro do orifício de saída, força de coesão entre as moléculas de mesma natureza do líquido, temperatura e pressão a que está submetido o líquido e pela resistência oferecida ao mesmo pelo meio, ao sair pelo orifício (MATUO, 1990).

O tamanho das gotas pulverizadas, Tabela 1, é um dos mais importantes parâmetros que influencia o controle das doenças em plantas. A combinação do tipo de ponta e da pressão de trabalho determina o tamanho de gotas aplicadas, afetando a cobertura dos órgãos vegetais e o potencial de deriva das gotas (CHECHETTO; ANTUNIASSI, 2012; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

Tabela 1 - Classificação do espectro de gotas e diâmetro mediano volumétrico (DMV), com base na American Society of Agricultural and Biological Engineers – ASABE, 2009

Espectro de gotas	Código	DMV típico (μm)
Extremamente fina	EF	< 50
Muito fina	MF	50 - 150
Fina	F	150 - 250
Média	M	250 - 350
Grossa	G	350 - 450
Muito grossa	MG	450 - 550
Extremamente grossa	EG	550 - 650
Ultra grossa	UG	> 650

Fonte: American Society of Agricultural and Biological Engineers – ASABE S-572.1

Durante a pulverização e aplicação do agroquímico, as gotas devem ser suficientemente grandes para que possam depositar-se sobre o alvo e suficientemente pequenas para fornecerem cobertura suficiente do alvo pelo fungicida (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006). De acordo com as condições locais de aplicação, conhecer o espectro das gotas pulverizadas torna-se imprescindível, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental, uma vez que a deriva de agrotóxicos configura-se em um dos maiores problemas da tecnologia de aplicação (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007; GANDOLFO et al., 2014).

Ao se utilizar gotas grandes, pode-se reduzir o risco de deriva, entretanto, pode-se também reduzir a eficiência dos produtos, além de prejudicar a distribuição da calda ao longo da planta (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007; GANDOLFO et al., 2014), no entanto, com o emprego de gotas finas e muito finas, geralmente, consegue-se boa cobertura e uniformidade de distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar, caracterizando as perdas por deriva, uma vez que gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (MURPHY; MILLER; PARKIN, 2000).

Em aplicações com pulverizadores de barra, as gotas iguais ou menores que 50 μm evaporam completamente antes de alcançar o alvo, permitindo que o produto puro se disperse, por sua vez, as gotas maiores que 200 μm não apresentam redução significativa no tamanho antes de alcançar o alvo (OZKAN, 2000; CUNHA; PERES, 2010), ainda, gotas com diâmetro acima de 500 μm têm pouco problema de deriva (CUNHA; PERES, 2010).

A importância do tamanho das gotas está fundamentada na relação entre volume e superfície. Quanto maior a gota, para um determinado volume fixo, menor a sua superfície específica. Na aplicação de agroquímicos, é desejável que se tenham a melhor cobertura possível, o que implica dizer uma menor gota. Porém, gotas pequenas são mais sujeitas a serem carregadas pelo vento e têm vida útil menor (tempo entre o emissor e o alvo), assim o tamanho da gota tem que ser pequeno o suficiente para permitir uma boa cobertura do alvo, mas grande o suficiente para não ser carregada pelo vento e ter durabilidade suficiente para percorrer a distância entre o ponto de sua emissão e o alvo, em uma dada condição ambiental. Alcançar esse equilíbrio é a chave para minimizar a ocorrência de deriva (CHECHETTO; ANTUNIASSI, 2012; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

O tamanho das gotas e a velocidade do vento são os fatores que mais influenciam a distância da deriva, uma vez que a redução no tamanho das gotas diminui a velocidade de queda, aumentando o tempo gasto para que elas se depositem no alvo, logo tornam-se mais susceptíveis à evaporação e à mudança de trajetória, já que as gotas pequenas apresentam maior relação superfície/peso e menor velocidade terminal, o que aumenta seu potencial de deriva (CUNHA et al., 2008).

Uma das formas de se obter essa boa deposição em alvos biológicos é a escolha correta da ponta e da técnica de aplicação do fungicida, bem como o momento da aplicação (CUNHA; PERES, 2010). As gotas geradas deverão situar-se num tamanho de 200 a 300 μm , sendo que gotas menores podem ser usadas, no entanto com muita atenção aos fatores e elementos climáticos bem como empregar dispositivos para minimizar as

perdas por deriva, como barras assistidas a ar ou adjuvantes, visando à proteção da gota (OZKAN, 2000).

As pontas que produzem gotas mais finas (jatos planos duplos e jatos cônicos vazios) proporcionam maior cobertura dos alvos, porém no dossel inferior, essa cobertura ainda é considerada baixa (ANTUNIASSI, 2012, p. 123) e ainda apresentam baixa uniformidade de distribuição, com grandes variações em razão de pressão e altura da barra (CUNHA; SILVA, 2010). As gotas finas sofrem influência da temperatura alta e da baixa umidade relativa do ar e diminuem significativamente a deposição, logo, acentuam as perdas de gotas pulverizadas para o ambiente (BALAN et al., 2008).

2.3.4 Adjuvantes

Os adjuvantes caracterizam-se como qualquer substância, que pode ser adicionada ao produto fitossanitário, seja no processo de fabricação ou no preparo da calda utilizada nas aplicações (ARAÚJO; RAETANO, 2011, p. 28; AZEVEDO, 2015, p. 69). Assim os adjuvantes de calda são substâncias ou compostos sem propriedades fitossanitárias, utilizadas com o objetivo de facilitar a aplicação, aumentar a eficiência ou diminuir riscos de perdas dos agroquímico para o ambiente (AZEVEDO, 2015, p. 69).

Vários produtos de uso agrícola principalmente os registrados como adjuvantes, são recomendados com o intuito de modificar as características físico-químicas da calda de pulverização, ou seja, quando adicionados à formulação ou a calda na mistura de tanque modificam a atividade do ingrediente ativo ou as características da formulação, visando melhorar a eficácia da aplicação (AZEVEDO, 2015, p. 70).

Os adjuvantes abrangem uma numerosa categoria de substâncias, sendo que os principais tipos encontrados no Brasil são: acidificadores, ativadores de superfície, agentes antiespumantes, antievaporantes, tamponantes, agentes de compatibilidade, agente espumantes, agentes de depósito, agentes antideriva, emulsificantes, espalhantes, umectantes, agentes penetrantes, espalhantes molhantes, adesivos e agentes supermolhantes (ARAÚJO; RAETANO, 2011, p. 30; AZEVEDO, 2015, p. 75).

Os adjuvantes são adicionados as formulações comerciais de fungicidas com o objetivo de proporcionar maior cobertura das folhas e aumentar o ingresso do ingrediente ativo nos tecidos vegetais (NASCIMENTO et al., 2013). Ainda, alguns adjuvantes tem a capacidade de aumentar a cobertura e a retenção nas superfícies vegetais onde são destinadas as aplicações de produtos fitossanitários, sendo esses aspectos positivos principalmente nas aplicações com volumes de calda reduzidos (AZEVEDO, 2015, p. 72; GENT; SCHWARTZ; NISSEN, 2003).

Os adjuvantes são utilizados na agricultura para aumentar a eficácia do produto, facilitar a aplicação e minimizar possíveis problemas de aplicação (AZEVEDO, 2015, p. 70). Ainda, são essenciais para a retenção de depósitos e para aumentar a penetração cuticular, uma vez que a maior absorção pode se dar pela mudança no depósito do ingrediente ativo na folha, efeito na difusão transcuticular e na permeabilidade da membrana plasmática (WANG; LIU, 2007; CASTRO; OJEDA; CIRELLI, 2014).

As principais vantagens da utilização dos adjuvantes, nas misturas em tanque, segundo Azevedo (2015, p. 72), são: a) rápida absorção de produtos, com menores perdas ocasionadas por chuvas após a aplicação (produtos penetrantes); b) permite que superfícies hidro-repelentes sejam molhadas pela calda (efeito molhante); c) o líquido aplicado distribui-se e adere melhor, cobrindo a superfície de maneira uniforme (efeito espalhante e aderente); d) em superfícies pilosas, as quais mantem as gotas pulverizadas suspensas, o líquido penetra e efetivamente atinge a cutícula; e) facilitam a penetração da calda entre as ranhuras diversas, hifas de fungos e teias de ácaros.

A atividade dos adjuvantes pode ser dividida em dois grupos: adjuvantes que aumentam a atividade biológica e adjuvantes de utilidade. Aqueles que aumentam a atividade biológica melhoram a atividade do agroquímico, principalmente aumentando a sua absorção, devido à ação direta sobre a cutícula, tendo como principais representantes os surfactantes, óleos vegetais, óleos metilados, óleos minerais, derivados de silicones e os fertilizantes foliares nitrogenados (AZEVEDO, 2015, p. 75; WAGNER, 2003). Os adjuvantes de utilidade modificam as características físicas das misturas de tanque utilizadas, ou seja, agem como facilitadores da pulverização, modificando as

propriedades de superfície dos líquidos, sendo nesse grupo incluídos os agentes compatibilizantes, depositantes, dispersantes, controladores de deriva, antiespumantes, condicionadores da água, acidificantes, tamponantes, umectantes, protetores de raios ultravioletas e corantes (ARAUJO; RAETANO, 2011, p. 30; AZEVEDO, 2015, p. 75).

Dentre os adjuvantes, os surfatantes se enquadram em um grupo de adjuvantes com maior representatividade comercial (ARAUJO; RAETANO, 2011, p. 30) tendo alta capacidade de reduzir a tensão superficial da solução e o ângulo de contato das gotas com as superfícies dos alvos. Assim, são considerados agentes molhantes da superfície foliar e aumentam a cobertura (GENT; SCHWARTZ; NISSEN, 2003; SPANOGHE et al., 2007), logo são definidos como produtos que melhoram a emulsão, dispersão, espalhamento, molhamento e outras propriedades de um líquido ou solução, por meio da modificação de suas propriedades de superfície.

A tensão superficial, forças que existem na interface de líquidos não miscíveis e impedem que eles se misturem, é variável de líquido para líquido e depende também dos solutos. Assim, a quantidade de energia necessária para aumentar a área superficial do líquido é variável (AZEVEDO, 2015, p. 83). A água tem alta tensão superficial, pois suas moléculas são atraídas fortemente entre si, sendo que no interior da gota, essa forte coesão é balanceada em todas as direções, logo, a tendência da gota em manter sua forma esférica ocorre devido ao balanceamento das forças, visto que há mais forças puxando em direção ao centro do que para o exterior (ARAUJO; RAETANO, 2011, p. 31).

Numa planta, a molhabilidade de suas folhas depende dos constituintes de sua epiderme, assim a atração pela água precisa ser maior que a tensão superficial da superfície para uma boa molhabilidade. O aumento da tensão superficial tende a causar o aumento no tamanho das gotas devido à resistência de tensão superficial de atomização. Quando uma gota de água está sobre uma superfície, o ângulo de contato depende das características dessa superfície, a qual sendo hidro-repelente, gerará menor contato e a gota ficará mais esférica, e sendo a superfície hidrófila, a água da gota espalha-se, podendo até formar um filme uniforme (ARAUJO; RAETANO, 2011, p. 31; AZEVEDO, 2015, p. 83).

As moléculas do surfactante apresentam afinidade tanto pela água como pelo óleo, uma vez que um lado da molécula tem afinidade com a água (hidrofílica) e o outro, com o óleo (lipofílica ou hidrofóbica). No momento que o surfactante é adicionado à água, suas moléculas substituem as forças coesivas da água por ligações de menor energia entre a água e o surfactante. Logo o desbalanceamento de forças é reduzido, sendo necessária menor quantidade de energia para deformar e espalhar a gota (ARAÚJO; RAETANO, 2011, p. 32; AZEVEDO, 2015, p. 84).

Os óleos associados a surfactantes apresentam efeitos positivos como molhante, espalhante, penetrante, antievaporante, melhoria de translocação, retenção e efeito adesivo (GENT; SCHWARTZ; NISSEN, 2003; ANTUNIASSI, 2006, p. 43; ARAÚJO; RAETANO, 2011, p. 32; CHECHETTO et al., 2013), e também minimizam o efeito da chuva e melhoram o efeito de controle sobre ferrugem asiática da soja (DEBORTOLI et al., 2012), assim a combinação de ambos aparece como alternativa para potencializar o efeito do fungicida.

3 CAPÍTULO I

Impactos da utilização de surfactante com diferentes volumes de calda nas pulverizações de fungicida na cultura da soja

3.1 Resumo

Volume de calda e tamanho de gotas, associados aos adjuvantes, constituem os principais fatores que afetam a penetração das gotas pulverizadas no dossel da cultura da soja, bem como a cobertura da superfície foliar, impactando na eficiência do fungicida, uma vez que, aqueles empregados no manejo da ferrugem asiática, quando penetrantes, possuem ação loco-sistêmica, demandando equivalência de distribuição ao longo da planta, bem como em seus órgãos, em especial as folhas. O trabalho teve como objetivo determinar os impactos da utilização do surfactante organosiliconado frente a alterações nos volumes de calda pulverizado. Assim, em experimento conduzido, na safra 2015/16, com esquema fatorial 5x2, compararam-se cinco volumes de calda (40, 70, 100, 130 e 160 L/ha) e a combinação de dois adjuvantes (óleo mineral isolado e óleo mineral associado ao surfactante organosiliconado). Nas porções da planta avaliadas, superior, mediana e inferior, o número de gotas/cm² foi afetado negativamente frente a redução no volume de calda, com variações maiores na porção inferior e mediana, impactando sobre a cobertura da superfície foliar, a qual não ultrapassou 13% e 26%, respectivamente, quando utilizado apenas óleo mineral, atingindo 17% e 30%, respectivamente, frente a combinação com o surfactante, onde o acréscimo deste, mostrou-se responsável por incrementos de até 16% na cobertura, a qual variou em até 209% diante do aumento no volume de calda. As reduções no volume de calda reduziram em até 2,3 vezes o controle da ferrugem asiática, quando na ausência do surfactante, e em até 1,7 vezes, quando da sua utilização, consequentemente afetando o índice de área foliar, onde houveram variações na ordem de 6,5 vezes frente a alterações no volume de calda e de até 2,8 vezes diante da utilização do surfactante organosiliconado. O rendimento de grãos e a massa de mil sementes, foram reduzidos a medida em que ocorreram reduções no volume de calda, sendo as reduções menos acentuadas quando empregou-se o surfactante. No volume de 40 L/ha, observou-se diferenciais no rendimento na ordem de 14%, frente ao surfactante, atingindo 11 e 9% com os volumes de 70 e 100 L/ha, respectivamente. Os resultados demonstram que a cobertura da superfície foliar e o número de gotas/cm² ao longo do perfil da planta respondem a adição do surfactante e ao aumento do volume de calda, existindo relação direta com o controle da ferrugem asiática da soja, impactando sobre o índice de área foliar e sobre a produtividade. Portanto, existem respostas positivas no aumento do volume de calda/ha, bem como na utilização do surfactante organosiliconado, o qual adquire maior importância quanto menor o volume de calda utilizado na pulverização.

Palavras-chave: 1. Cobertura da superfície foliar. 2. *Phakopsora pachyrhizi*. 3. Taxa de aplicação.

3.2 Introdução

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das doenças mais severas que incide na cultura da soja, ocasionando danos que variam de 10 a 90% (REIS et al., 2012, p. 71; FORCELINI, 2009, p. 47) e originando perdas que contabilizaram 21 bilhões de dólares, entre 2002 e 2013, no Brasil (GODOY et al., 2016).

Uma série de práticas de manejo podem e devem ser adotadas visando reduzir os impactos da ferrugem asiática, fundamentando-se na eliminação ou redução do inóculo inicial, a redução da taxa de desenvolvimento da doença e a redução do período de exposição da cultura ao patógeno (KIMATI; BERGAMIN FILHO; AMORIN, 2011, p. 311).

A restrição do cultivo de soja em certas épocas do ano, a eliminação de plantas voluntárias e a eliminação de hospedeiros intermediários, aliados a semeadura no início da época recomendada e o emprego de cultivares de ciclo precoce (REIS; BRESSOLIN; CARMONA, 2006, p. 82; GODOY et al., 2016), combinado com mudanças nas práticas culturais, como arranjo de plantas e manejo da irrigação (RAMOS, 2009; MADALOSSO et al., 2010), além da resistência varietal (ARAUJO; VELLO, 2010; MELO; ROESE; GOULART, 2013) e da aplicação de fungicidas (NAVARINI, 2007; GODOY et al., 2016) consistem em medidas integradas para o manejo da ferrugem asiática da soja, tornando-se relevantes para a sustentabilidade da cultura (GODOY et al., 2016; LANGENBACH et al., 2016).

A doença tem seu manejo baseado principalmente em fungicidas (SEIXAS; GODOY; FERREIRA, 2006; SANTOS; JULIATTI; SANTOS, 2007; NAVARINI et al. 2007), onde a eficácia de controle depende da eficiência do fungicida, do momento de aplicação, da frequência de aplicação, bem como do ajuste da tecnologia de aplicação ao alvo e à cultura (CUNHA; SILVA, 2010). No entanto, o controle da doença nem sempre é satisfatório, uma vez que inicia nas porções inferiores do dossel da planta, assim, as pulverizações precisam vencer a barreira imposta pela massa de folhas para atingir o alvo, bem como promover adequada cobertura no interior do dossel da cultura (DEBORTOLI

et al., 2012; TORMEN et al., 2012). Além de aspectos inerentes a deposição do fungicida no alvo, estes, de maneira geral, vem apresentando reduções quanto à eficácia, diante da pressão de seleção causada sobre o fungo, resultando em deficiências de controle (SCHMITZ et al., 2013; REIS; DEUNER; ZANATTA, 2015; GODOY et al., 2016).

A cobertura proporcionada pela aplicação de fungicida sobre o dossel em geral é pouco uniforme, em especial na porção inferior da planta, resultando em controle ineficiente (PRADO et al., 2010; CUNHA et al., 2011). A deposição de gotas nos estratos mediano e inferior do dossel, de diferentes cultivares, não ultrapassa 20%, sendo a deposição no terço superior em relação ao inferior três vezes maior (VILLALBA et al., 2009; CUNHA et al., 2011). Embora os principais fungicidas empregados no manejo da ferrugem da soja sejam classificados como penetrantes, na sua maioria apresentam ação loco-sistêmica, sendo transportados a pequenas distâncias a partir do ponto de deposição, exigindo assim a distribuição adequada ao longo da planta, bem como sobre a superfície foliar (REIS; REIS; CARMONA, 2010, p. 52; CUNHA et al., 2014; REIS; REIS, 2015, p. 42).

Diante da necessidade de adequada cobertura foliar demandada pelos fungicidas, o controle da ferrugem asiática pode ser afetado em função dos volumes de calda, do tamanho de gotas e do uso de adjuvantes que atuam sobre o espalhamento das gotas (CUNHA et al., 2014).

As aplicações de fungicida com volume reduzido, que aparecem como alternativa para o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores, podem afetar negativamente a eficácia de controle em determinadas situações (RAMOS, 2000; CUNHA et al., 2008; CUNHA; JULIAT; REIS, 2014), uma vez que o aumento do volume de calda utilizado possui efeito relevante sobre a cobertura foliar (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006), com reflexo sobre o controle das doenças, tendo em vista a característica dos fungicidas. No entanto, os aumentos no volume de calda por unidade de área reduzem a área pulverizada por unidade de tempo e em virtude disso, tornam-se recorrentes práticas como a redução do volume de calda nas aplicações de fungicidas, mesmo correndo-se o risco de reduzir a eficácia do controle químico das doenças da soja.

O uso de gotas menores tende a aumentar as perdas por deriva, assim o tamanho da gota deve ser pequeno o suficiente para permitir adequada cobertura do alvo, mas grande o suficiente para não ser carregada pelo vento e ter durabilidade suficiente para percorrer a distância entre o ponto de sua emissão e o alvo, em uma dada condição ambiental (CUNHA, 2014).

A adição de adjuvantes à calda, pode otimizar a eficiência das aplicações, uma vez que, estes podem melhorar, principalmente, a aderência e o espalhamento das gotas que contém o fungicida sobre o alvo (CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014), uma vez que tem alta capacidade de reduzir a tensão superficial da solução e o ângulo de contato das gotas com as superfícies dos alvos, sendo considerados agentes molhantes da superfície foliar, aumentando a cobertura (GENT, SCHWARTZ; NISSEN, 2003; SPANOGHE et al., 2007; PRADO et al., 2015). Os adjuvantes à base de óleos, associados a surfactantes, apresentam efeitos positivos como molhante, espalhante, penetrante, antievaporante, melhoria de translocação, retenção e efeito adesivo (ARAÚJO; RAETANO, 2011; PRADO et al., 2015), e também minimizam o efeito da chuva e melhoram o efeito de controle sobre a ferrugem asiática da soja (DEBORTOLI et al., 2012). Assim, a combinação de ambos aparece como alternativa para potencializar o efeito do fungicida.

O objetivo do trabalho foi verificar se níveis de cobertura da superfície foliar com fungicidas impactam no comportamento da epidemia de ferrugem asiática da soja. Ainda, buscou-se determinar se o volume de calda utilizado nas pulverizações e o emprego do surfactante interfere sobre a cobertura da superfície foliar, bem como avaliar se a área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja varia em função do volume de calda e da combinação de adjuvantes e mensurar se a cobertura da superfície foliar com fungicidas impacta sobre o índice de área foliar e no rendimento de grãos.

3.3 Material e Métodos

Sujeito da pesquisa e local do experimento

O trabalho foi conduzido durante a safra 2015/16, no campo experimental da Universidade de Passo Fundo, no município de Passo Fundo - RS, a uma altitude de 687 m, na latitude de 28° 15' 41'' S e longitude de 52° 24' 45'' W.

O experimento foi desenvolvido com a cultivar de soja Nidera 5909 RR, com hábito de crescimento indeterminado, semiereta, com potencial de ramificação, suscetível a ferrugem asiática. As sementes, de categoria S1, obtidas com o obtentor, foram tratadas com carbendazim + thiram (30 + 70 gramas de ingrediente ativo/100 kg de sementes), em função do resultado da análise de patologia de sementes. Também foi utilizado o tratamento com o inseticida tiametoxam (70 gramas de ingrediente ativo/100 kg de sementes). A ocorrência da ferrugem asiática da soja deu-se através da infecção natural, com o inóculo presente no ambiente.

Tratamentos e delineamentos

Foram comparados cinco volumes de calda (40, 70, 100, 130 e 160 L/ha) combinados com dois adjuvantes (óleo mineral Nimbus® e óleo mineral Nimbus® acrescido do surfactante Break Thru®), sendo os tratamentos conduzidos em blocos casualizados, com três repetições, arranjos em esquema fatorial 5x2. As unidades experimentais mediram 20 m de comprimento e 5,85m de largura (13 linhas espaçadas em 0,45m), totalizando 117m².

Procedimentos

A semeadura foi realizada em 07 de dezembro de 2015, em sucessão ao trigo, em área com solo tipo latossolo vermelho, com população final de 295.000 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas quatro aplicações de

fungicidas (Tabela 1), empregando cinco diferentes volumes de calda e combinando dois adjuvantes, sendo o adjuvante à base de óleo mineral empregado na concentração de 256,8 g/ha e o surfactante na proporção de 0,1% do volume.

Tabela 1 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g i.a/ha)
1	V7	Propiconazol + Difenconazol	37,5 + 37,5
		Azoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24
2	R1	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
3	R1+18*	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R1 + 33**	Azoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24

*R1 mais 18 dias

** R1 mais 33 dias

As variações nos volumes de calda/ha deram-se, principalmente, em função da utilização de pontas de pulverização com diferentes vazões, calibradas para aplicação de gotas com tamanho médio, de acordo com informações catalogadas pelo fabricante (Tabela 2).

As aplicações foram realizadas com um pulverizador acoplado a trator, utilizando-se uma das barras de pulverização, com extensão de 6,0 m, com as pontas espaçadas em 0,50 m e mantidas a 0,50 m acima do dossel da cultura. Visando operar em condições ambientais favoráveis, todas as pulverizações foram realizadas do início ao meio da manhã (Tabela 3).

Tabela 2 - Volume de calda (L/ha), ponta de pulverização, pressão de trabalho (kPa), velocidade de aplicação (km/h) e adjuvante utilizado em cada tratamento, Passo Fundo – RS, 2016

Tratamento	Volume (L/ha)	Ponta	Pressão (kPa)	Velocidade (km/h)	Adjuvante
1	40	TT 11001	150	8,0	Óleo mineral
2					Óleo mineral e Surfactante
3	70	TT 110015	200	8,0	Óleo mineral
4					Óleo mineral e Surfactante
5	100	TT 110015	425	8,0	Óleo mineral
6					Óleo mineral e Surfactante
7	130	TT 11002	400	8,0	Óleo mineral
8					Óleo mineral e Surfactante
9	160	TT 110025	350	8,0	Óleo mineral
10					Óleo mineral e Surfactante
Testemunha	Sem aplicação de fungicida				

Tabela 3 - Médias das condições ambientais, velocidade do vento (km/h), Umidade Relativa (%) e Temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações. Passo Fundo – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4
Velocidade do vento (km/h)	7,1	5,9	6,9	6,4
Umidade Relativa do ar (%)	59	61	68	57
Temperatura do ar (°C)	27,1	26,5	25,9	26,8

Avaliações e análise de dados

Avaliou-se o número de gotas/cm², a cobertura da superfície foliar a severidade da ferrugem asiática da soja, o índice de área foliar (IAF), o rendimento de grãos e a massa de mil sementes, sendo os dois componentes do rendimento de grãos avaliados nas seis linhas centrais das parcelas, já os demais, nas linhas adjacentes.

Número de gotas/cm² e cobertura da superfície foliar

Avaliou-se o número de gotas/cm² e a cobertura da superfície foliar por meio de cartões hidrossensíveis, nas aplicações realizadas em R1 e R1+18 dias, onde seis cartões foram distribuídos em cada um dos terços da planta (terço inferior, médio e superior) em cada uma das referidas pulverizações. Após a pulverização, os cartões foram coletados, digitalizados com resolução de 1200 dpi e posteriormente realizou-se a leitura no software CIR 1.5[®] (INTA, 2002).

Dos seis cartões avaliados em cada um dos terços e em cada uma das aplicações fez-se a média aritmética para determinar o número de gotas/cm² e a cobertura da superfície foliar na referida parcela. Paralelamente a avaliação do número de gotas/cm² e cobertura da superfície foliar avaliou-se o IAF e estatura de algumas plantas, coletadas aleatoriamente na área do experimento, compreendendo todos os tratamentos, visando caracterizar as plantas no momento da pulverização.

Epidemia de ferrugem asiática da soja

A severidade da ferrugem asiática da soja foi avaliada com base na área foliar afetada, tomando como referência a escala diagramática de Godoy et al. (2006) (Anexo 1). As avaliações iniciaram no estágio V7, por ocasião da primeira aplicação de fungicida, e se estenderam até R6, com intervalos de 12 a 15 dias, onde coletaram-se quatro plantas em cada uma das avaliações. A severidade foi avaliada em cada um dos terços da planta (inferior, médio e superior), bem como fez-se a média aritmética dos terços para compor a severidade da planta.

A severidade da ferrugem asiática foi integralizada na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), através da equação: $AACPD = \sum [((y_1 + y_2)/2) * (t_2 - t_1)]$, onde y_1 e y_2 são duas avaliações consecutivas realizadas nos tempos t_1 e t_2 . Com base na AACPD do tratamento sem a aplicação de fungicida, calculou-se o controle para os demais tratamentos.

Índice de área foliar (IAF)

Ao final da fase de enchimento de grãos, R6, coletaram-se seis plantas, em cada unidade experimental, para determinar a área foliar remanescente de cada planta, através do integralizador de área foliar. Destas plantas, fez-se a média aritmética e com base na população de plantas estabelecida, determinou-se o IAF.

Rendimento de grãos

A colheita foi realizada em 54 m² de cada parcela, contemplando as seis linhas centrais de cada unidade experimental, através de uma colhedora de parcelas, sendo, posteriormente, os grãos beneficiados. Determinou-se o teor de umidade e o peso, corrigido para 13% de umidade, para estimativa do rendimento de grãos (kg/ha) e massa de mil grãos (g). Em uma das linhas adjacentes, coletaram-se seis plantas, onde, manualmente, debulharam-se os legumes, avaliou-se a massa de grãos de cada terço da planta, em relação a massa total de grãos da planta, calculando assim a participação percentual de cada terço sobre o rendimento. Também foi extrapolado, com base na participação de cada terço e no rendimento de grãos da parcela, o rendimento de grãos em cada terço da planta.

Análise de dados

Foram utilizados os testes de F para análise da variância e de Tukey para comparação de médias, baseado no software Assistat®.

3.4 Resultados

Número de gotas/cm² e cobertura da superfície foliar

A análise de variância para o percentual de cobertura da superfície foliar, avaliado na aplicação no estágio R1 e na aplicação de R1 + 18 dias, mostrou interação ($P < 0,05$) entre os fatores avaliados (volume de calda e adjuvante), no entanto, o número de gotas/cm², mostrou-se significativo ($P < 0,05$) apenas para os volumes de calda. Por ocasião da aplicação em R1, as plantas apresentavam estatura média de 1,02 m e índice de área foliar (IAF) médio de 4,98. Na aplicação em R1 + 18 dias, a estatura média das plantas era de 1,18 m e IAF médio de 5,62.

O aumento do volume de calda/ha, proporcionou aumento do número de gotas/cm², ao longo do perfil da planta, tanto na aplicação realizada no estágio R1, Tabela 4, como naquela realizada em R1+18 dias, Tabela 5, uma vez que na passagem de 40 para 160 L/ha houve o incremento de aproximadamente 2,1 vezes no número de gotas/cm². O aumento no volume de calda representou até 33,9% a mais de gotas depositadas na planta, quando passou-se de 70 para 100 L/ha e ficando na ordem de 20% quando passou-se de 40 para 70 L/ha e de 100 para 130 L/ha. Mesmo nos maiores volumes avaliados houve o incremento no número de gotas/cm², atingindo 8,2% quando aumentou-se o volume de 130 para 160 L de calda/ha.

A deposição de gotas/cm² reduziu ao longo do dossel da planta, onde, na média, o terço inferior apresentou redução 2,5 vezes no número de gotas/cm² em relação ao terço médio, e este 3,3 vezes menos gotas que o terço superior, sendo que o terço inferior em relação ao superior apresentou redução de 8,5 vezes no número de gotas/cm².

No terço inferior da planta, o aumento no volume de calda incrementou a deposição de gotas, na aplicação de R1 e de R1 + 18 dias, a qual mostrou-se 6,1 vezes maior quando o volume de calda passou de 40 para 160 L/ha, sendo que variações de até 98,1% foram constatadas, em especial quando passou-se de 40 para 70 L/ha e 75,2% quando utilizaram-se 100 L/ha em relação aos 70 L/ha. O maior volume, 160 L de

calda/ha apresentou maior número de gotas/cm², sendo 26,5% superior ao volume de 130 L/ha.

Tabela 4 - Número de gotas/cm² da aplicação realizada no estádio R1, no terço inferior, médio, superior e média geral da planta, em função dos volumes de calda (L/ha) nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Número de gotas/cm ²			
	Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
40	6,6 e	33,0 e	113,8 d	51,1 e
70	13,0 d	42,6 d	133,5 c	63,0 d
100	21,6 c	52,8 c	172,2 b	82,2 c
130	29,8 b	63,3 b	212,3 a	101,8 b
160	37,3 a	74,1 a	220,6 a	110,6 a
Média	21,7	53,2	170,5	
C.V. (%)	15,83	13,55	14,17	12,71

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

Tabela 5 - Número de gotas/cm² na aplicação realizada em R1 + 18 dias, no terço inferior, médio, superior e média geral da planta, em função dos volumes de calda (L/ha) nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Número de gotas/cm ²			
	Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
40	5,4 e	32,1 e	122,7 d	53,4 e
70	10,8 d	40,4 d	136,3 c	62,6 d
100	20,1 c	54,5 c	183,5 b	86,1 c
130	27,5 b	62,1 b	224,1 a	104,6 b
160	35,2 a	72,6 a	230,6 a	112,7 a
Média	19,8	52,3	179,4	
C.V. (%)	10,25	14,72	12,35	11,85

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

A redução no volume de calda de 160 para 40 L/ha foi responsável por reduzir o número de gotas/cm² em 55,6% no terço médio da planta, na aplicação de R1 e de R1 + 18 dias, onde a redução no volume de 100 para 70 L/ha e de 70 para 40 L/ha, representou variações na ordem de 22%, enquanto a redução no volume de 160 para 130 L/ha e de 130 para 100 L/ha representou decréscimo da ordem de 14,5%.

Na porção superior da planta, na aplicação de R1 e de R1 + 18 dias, a utilização de 130 ou 160 L de calda/ha não mostraram diferença quanto ao número de gotas/cm², embora a redução no volume de pulverização, de 160 para 40 L/ha tenha representado o decréscimo de 47,6% no número gotas/cm², sendo os maiores impactos observados quando passou-se de 130 para 100 L/ha e de 100 para 70 L/ha, o que acarretou na redução de 18,5 e 24,15% no número de gotas/cm².

O percentual de cobertura da superfície foliar foi influenciado pelo volume de calda/ha e pela utilização do surfactante. Independente do volume de calda, o surfactante acrescido ao adjuvante a base de óleo mineral proporcionou maior cobertura da superfície foliar, na aplicação em R1, e em R1 + 18 dias, Tabela 6. O acréscimo do surfactante à calda de pulverização mostrou-se responsável por incrementos de até 16,3% na cobertura, a qual foi influenciada em até 208,5% frente aos aumentos no volume de calda. A maior contribuição do surfactante deu-se nos baixos volumes, onde sua presença proporcionou diferenças próximos a 46%, 26% e 20%, quando empregados 40, 70 e 100 L de calda/ha, respectivamente.

No terço inferior, médio e superior, em ambas aplicações, a utilização do surfactante mostrou-se menos responsiva aos aumentos no volume de calda. No terço inferior, na aplicação realizada em R1, a passagem de 40 para 70 L de calda/ha, representou o incremento de 89,5% na cobertura, quando na ausência do surfactante, porém quando o mesmo estava presente na calda, a variação obtida atingiu patamares de 40,6%, bem como na aplicação realizada em R1 + 18 dias, onde a variação ficou na ordem de 160,2% e 52,5%, quando na ausência e na presença do surfactante, respectivamente, associado a alteração no volume de calda de 40 para 70 L de calda/ha. O mesmo comportamento foi observado em todos os volumes estudados, o que demonstra que o surfactante é componente indispensável da calda para minimizar os efeitos negativos da redução dos volumes de aplicação, no que tange a cobertura da superfície foliar.

O aumento no volume de calda de 40 para 70 L/ha, bem como de 130 para 160 L/ha, não mostraram-se responsivos em termos de aumento da cobertura da superfície foliar, no terço inferior da planta, na aplicação realizada em R1, no entanto, quando estes

volumes estiveram associados ao surfactante, mostram-se significativamente maiores, em especial o volume de 40 e 70 L/ha, que apresentaram variações de até 2,8 vezes na cobertura. No entanto, na aplicação realizada em R1 + 18 dias, houveram resposta diretas em termos de aumento de volume e utilização do surfactante, exceto quanto alterou-se o volume de 40 para 70 L/ha e empregou-se apenas óleo mineral.

Na porção mediana da planta, as aplicações realizadas em R1 e R1 + 18 dias apresentaram comportamento similar, onde os aumentos no volume de calda, associados ao óleo mineral, incrementaram a cobertura da superfície foliar, atingindo patamares próximos a 25% de cobertura quando empregado 160 L de calda/ha, a qual reduziu cerca de 55% quando passou-se de 130 para 100 L/ha, bem como de 100 para 70 L/ha, sendo a redução de cobertura mais brusca quando passou-se de 70 para 40 L/ha, variando cerca de 74%. No entanto, quando acrescido o surfactante na calda, obteve-se cobertura similar com a utilização de 130 ou 160 L de calda, sendo que nesta porção da planta, o emprego do surfactante, nos volumes de 40 e 70 L de calda/ha proporcionaram incrementos na cobertura na faixa de 85%, chegando a 52% quando do emprego de 100 L/ha.

No terço superior, em ambos momentos de avaliação, houveram respostas significativas quanto ao uso de surfactante. Independente do volume de calda, no entanto, quando este esteve presente, o percentual de cobertura mostrou-se semelhante, empregando 100, 130 ou 160 L de calda/ha, bem como, na ausência do surfactante, a cobertura obtida com os volumes de 130 ou 160 L de calda/ha mostram comportamento similar. Embora a barreira imposta pela massa de folhas no extrato superior da planta seja menor, em relação ao extrato médio e inferior, houveram incrementos de até 45% na cobertura da superfície foliar frente aos aumentos de volume, na ausência do surfactante e de até 20%, com sua utilização na calda, onde o volume de 40 L/ha mostrou-se maior resposta, com variações atingindo 36%, seguido pelos volumes de 70 e 100 L/ha, onde houveram respostas na ordem de 14%.

Tabela 6 - Cobertura da superfície foliar (%), no estágio R1, no terço inferior, médio, superior e média de cobertura foliar na planta, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Aplicação em R1		Aplicação em R1 + 18 dias	
	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante
***** Terço inferior *****				
40	1,90 cB	5,33 cA	1,33 dB	4,63 eA
70	3,60 cB	7,50 bcA	3,46 dB	7,06 dA
100	6,93 bB	10,33 bA	7,03 cB	10,86 cA
130	10,17 aB	14,00 aA	9,83 bB	13,33 bA
160	12,67 aB	16,47 aA	13,01 aB	16,36 aA
C.V. (%)	14,64		10,28	
***** Terço médio *****				
40	5,17 eB	9,67 dA	4,93 eB	8,91 dA
70	8,97 dB	16,33 cA	8,53 dB	13,53 cA
100	14,33 cB	21,90 bA	13,56 cB	21,32 bA
130	22,00 bB	27,47 aA	21,53 bB	26,70 aA
160	26,00 aB	29,43 aA	24,66 aB	28,49 aA
C.V. (%)	10,16		15,84	
***** Terço superior *****				
40	44,37 dB	60,33 cA	45,33 dB	62,03 cA
70	64,57 cB	72,67 bA	65,33 cB	77,02 bA
100	76,17 bB	87,27 aA	81,15 bB	89,67 aA
130	83,67 aB	89,00 aA	83,20 aB	90,24 aA
160	87,43 aB	91,80 aA	89,71 aB	93,88 aA
C.V. (%)	13,11		12,43	
***** Média geral *****				
40	17,24 eB	25,11 eA	17,20 eB	25,17 eA
70	25,74 dB	32,16 dA	25,77 dB	32,53 dA
100	32,71 cB	39,96 cA	33,97 cB	40,61 cA
130	38,61 bB	43,48 bA	38,23 bB	43,45 bA
160	42,03 aB	45,90 aA	42,33 aB	46,06 aA
C.V. (%)	12,44		12,28	

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

Epidemia de ferrugem asiática da soja

A análise de variância para a AACPD e para o percentual de controle da ferrugem asiática mostrou significância ($P < 0,05$) para a interação entre volumes de calda e combinação de adjuvantes, no terço superior, médio e inferior, bem como, ao longo do dossel da planta. A AACPD da testemunha, sem a aplicação de fungicidas, atingiu 1873,9 unidades ao longo do dossel da planta, sendo computadas 2002,5 unidades no terço inferior, 1667,3 unidades no terço médio e 1951,5 unidades de AACPD no terço superior da planta. A AACPD da testemunha mostrou-se significativamente superior ($P < 0,05$) aos demais tratamentos, indicando o controle da ferrugem asiática da soja, mesmo com os menores volumes de calda.

A AACPD, Tabela 7, considerando a média dos terços da planta, mostrou redução a medida em que houveram incrementos no volume de calda/ha, em especial quando o aumento no volume esteve associado ao surfactante, no entanto, no maior volume avaliado, 160 L/ha, a utilização do surfactante não se mostrou limitante para a redução da AACPD. O controle da ferrugem asiática mostrou-se cerca de 40% superior quando ao volume de 40 L/ha adicionou-se o surfactante, sendo essa diferença próxima a 23% quando se utilizou 70 L de calda/ha. A redução no volume de calda de 160 para 40 L/ha mostrou redução de 2,3 vezes no controle da ferrugem asiática, quando na ausência do surfactante, uma vez que com seu emprego na calda houve decréscimo próximo a 1,7 vezes no controle da doença.

Os maiores diferenciais de controle, no dossel da planta foram observados quando reduziu-se o volume de 130 para 100 L/ha e de 100 para 70 L/ha, acarretando quedas de controle na ordem de 18%, as quais chegaram próximo a 27% quando passou-se de 70 para 40 L/ha, sem a utilização do surfactante, uma vez que na presença deste, a maior redução de controle deu-se quando reduziu-se o volume de 70 para 40 L/ha, atingindo valores próximos a 18%.

Tabela 7 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD - unidades) e controle da ferrugem asiática da soja (%), na planta toda, computados entre V7 e R6, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	AACPD		Controle	
	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante
40	1244,2 aA	993,7 aB	33,5 eB	46,9 eA
70	1003,1 bA	805,1 bB	46,4 dB	57,1 dA
100	823,4 cA	683,6 cB	56,1 cB	63,5 cA
130	566,1 dA	476,1 dB	69,8 bB	74,6 bA
160	414,7 eA	391,6 eA	77,8 aA	79,1 aA
C.V. (%)	13,60		12,35	

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

No terço inferior, médio e superior da planta a redução no volume de calda/ha apresentou relação direta com o aumento da AACPD, em especial quando na ausência do surfactante, no entanto a utilização do óleo mineral de maneira isolada, combinado com 160 L de calda/ha, não impactou sobre o montante de ferrugem asiática.

A maior AACPD deu-se no terço inferior da planta, Tabela 8, o que representou controle na ordem de 10,5%, quando na pulverização foram empregados 40 L de calda/ha e óleo mineral, sendo este controle próximo a 23% quando acrescido o surfactante, incrementando o controle na ordem de 2,3 vezes, sendo este comportamento também observado, em especial, nos volumes de 70 e 100 L de calda, com variações próximas a 30 e 17%, respectivamente.

No terço inferior da planta, a redução no volume de calda, impactou em 6,8 vezes no controle da ferrugem asiática, quando reduziu-se o volume de 160 para 40 L/ha, na ausência do surfactante, reduzindo o controle em até 68% quando mudou-se de 70 para 40 L de calda/ha, onde a redução dos demais volumes, de 160 para 130, de 130 para 100, de 100 para 70 L/ha, atingiu reduções de controle na ordem de 22%. Quando houve adição do surfactante a calda de pulverização, a redução do volume, de 160 para 40 L/ha

representou quedas de até 3,1 vezes no controle da doença, no entanto, houve redução no controle em 45%, quando passou-se de 70 para 40 L/ha.

Tabela 8 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD - unidades) e controle da ferrugem asiática da soja (%), no terço inferior da planta, computados entre V7 e R6, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	AACPD		Controle	
	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante
40	1791,5 aA	1529,6 aB	10,5 eB	23,6 dA
70	1342,2 bA	1138,1 bB	33,0 dB	43,2 cA
100	1106,7 cA	955,3 cB	44,7 cB	52,3 bA
130	838,2 dA	645,1 dB	58,1 bB	67,8 aA
160	567,1 eA	556,5 dA	71,7 aA	72,2 aA
C.V. (%)	14,25		14,66	

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

No terço médio da planta, Tabela 9, a utilização dos volumes de 130 e 160 L de calda/ha não mostraram diferenças significativas sobre a AACPD, independente da combinação de adjuvantes, sendo que, no volume de 160 L/ha, a utilização do surfactante não mostrou relevância para redução da AACPD. Nesta porção da planta, os impactos sobre a AACPD chegaram a 3,1 vezes e 2,8 vezes, a medida em que reduziu-se o volume de calda, de 160 para 40 L/ha, com a utilização isolada de óleo mineral ou óleo mineral acrescido do surfactante, respectivamente. O controle da ferrugem asiática da soja foi reduzido cerca de 70% frente ao maior volume em contraste ao menor, na ausência do surfactante, ficando na faixa de 50% quando o mesmo foi utilizado. Nos menores volumes de calda, 40 e 70 L/ha, o surfactante otimizou em até 68 e 30%, respectivamente, o controle da ferrugem asiática.

Tabela 9 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD - unidades) e controle da ferrugem asiática da soja (%), no terço médio da planta, computados entre V7 e R6, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	AACPD		Controle	
	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante
40	1289,3 aA	1030,4 aB	22,7 dB	38,2 dA
70	1047,5 bA	861,2 bB	37,2 cB	48,3 cA
100	841,6 cA	692,1 cB	49,5 bB	58,5 bA
130	486,3 dA	395,3 dB	70,8 aB	76,3 aA
160	417,0 dA	368,1 dA	75,0 aA	77,9 aA
C.V. (%)	15,17		14,15	

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

Tabela 10 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD - unidades) e controle da ferrugem asiática da soja (%), no terço superior da planta, computados entre V7 e R6, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	AACPD		Controle	
	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante
40	651,9 aA	421,2 aB	66,6 bB	78,4 bA
70	619,8 aA	416,1 bB	68,2 bB	78,7 bA
100	522,1 aA	403,6 cB	73,2 bB	79,3 bA
130	373,9 bA	387,8 dB	80,8 aA	80,1 bA
160	260,2 bA	250,6 dA	86,7 aA	87,2 aA
C.V. (%)	12,49		13,54	

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

No terço superior da planta, Tabela 10, a utilização do surfactante não mostrou resposta no controle da ferrugem asiática quando foram pulverizados os volumes de 130 e 160 L de calda/ha, ficando o controle na faixa de 80 e 87%, respectivamente, no entanto para os demais volumes, os diferenciais de controle atingiram até 17%, sendo superiores, frente a utilização do surfactante, em especial nos menores volumes. Quando foi utilizado

apenas o óleo mineral, os volumes de 40, 70 e 100 L/ha, não mostram diferenças no controle, ao passo que, com a utilização do surfactante, apenas o volume de 160 L de calda/ha mostrou maior controle da doença.

Índice de área foliar (IAF)

A análise de variância para o IAF remanescente, avaliado em R6, mostrou interação ($P < 0,05$), Tabela 11, entre os volumes de calda e combinação de adjuvantes. A testemunha, sem aplicação de fungicidas, apresentou 0,18 unidades de IAF, sendo significativamente inferior ($P < 0,05$) aos demais tratamentos, indicando que houve a manutenção da área foliar, mesmo com os menores volumes de calda.

Nos volumes de calda testados, a utilização do surfactante contribuiu para manutenção da área foliar remanescentes, a exceção do tratamento com 160 L de calda/ha, onde a sua utilização não incrementou o IAF em R6. No volume de 40 L/ha, o emprego do surfactante permitiu a planta manter 184% a mais de IAF ao final da fase de enchimento de grãos, ao passo que, com os volumes de 70 e 100 L/ha observaram-se diferenciais próximos a 92 e 43%, respectivamente, frente a utilização do surfactante.

Tabela 11 - Índice de área foliar (IAF) remanescente em R6, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Adjuvante	
	Óleo Mineral	Óleo Mineral e Surfactante
40	0,39 dB	1,11 cA
70	1,06 cB	2,04 bA
100	2,08 bB	2,98 aA
130	2,43 aB	3,07 aA
160	2,55 aA	2,97 aA
C.V. (%)	12,46	

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

O aumento no volume de calda/ha, impactou positivamente no IAF, no entanto, até certos limites, uma vez que, os volumes de 130 e 160 L de calda/ha não mostram diferenças significativas, quando empregado apenas com o óleo mineral, assim como os volumes de 100, 130 e 160 L de calda/ha não proporcionaram IAF superiores em R6, quando acrescido o surfactante.

A redução no volume de calda/ha, acarretou em reduções no IAF próximas a 85%, quando passou-se de 160 para 40 L/ha, sendo mais abruptas na redução de 100 para 70 e posteriormente com a passagem de 70 para 40 L/ha, onde houve redução de 49 e 63% do IAF, respectivamente, quando as pulverizações foram realizadas apenas com óleo mineral. Quando o surfactante estava presente na calda de pulverização, o contraste do maior e menor volume utilizados apresentaram variações de aproximadamente 62%, sendo o IAF reduzido no menor volume. A maior variação ocorreu quando passou-se de 70 para 40 L/ha, atingindo cerca de 45%, seguido da redução de 100 para 70 L/ha, onde o IAF remanescente reduziu aproximadamente 32%.

Rendimento de grãos

A análise de variância para o rendimento de grãos e para a massa de mil sementes mostrou significância ($P < 0,05$) para a interação entre volumes de calda e combinação de adjuvantes. O rendimento de grãos obtido no tratamento sem a aplicação do fungicida atingiu 1.971,1 kg/ha com massa de mil sementes de 101,45 g, mostrando-se significativamente inferior ($P < 0,05$) aos demais tratamentos, indicando a preservação parcial do potencial de rendimento de grãos, frente ao controle da ferrugem asiática, mesmo com os menores volumes de calda. A participação dos terços no rendimento e o rendimento de grãos em cada um dos terços avaliados, inferior, médio e superior, mostrou significância ($P < 0,05$) para a interação entre volumes de calda e adjuvantes.

O rendimento de grãos e a massa de mil sementes, Tabela 12, foram reduzidos quando ocorreram reduções no volume de calda das pulverizações, sendo as reduções menos acentuadas quando junto a calda adicionou-se o surfactante. O rendimento de grãos foi reduzido cerca de 25% quando alterou-se o volume de calda de 160 para 40 L/ha,

utilizando o óleo mineral de maneira isolada, passando de 3.971,8 kg/ha para 3.005,5 kg/ha, sendo observadas reduções na ordem de 8 e 12% quando reduziu-se o volume de 100 para 70 e posteriormente de 70 para 40 L/ha, respectivamente, representando cerca de 420 e 362 kg/ha, para os volumes citados.

As quedas de rendimento foram minimizadas a medida em que se utilizou o surfactante, sendo que no volume de 40 L/ha, foram observados diferenciais no rendimento na ordem de 14%, frente ao surfactante, os quais chegaram a 11 e 9% com os volumes de 70 e 100 L/ha, respectivamente. Nos volumes de 130 e 160 L de calda/ha, a utilização do surfactante não otimizou o rendimento da cultura da soja, bem como, com sua utilização não houve diferença significativa entre os volumes de 100, 130 e 160 L de calda/ha, ao passo que, com a utilização isolada do óleo mineral, os volumes de 130 e 160 L de calda/ha não mostram diferenças no rendimento.

A massa de mil sementes, Tabela 12, apresentou comportamento similar ao rendimento de grãos, onde com a utilização isolada do óleo mineral, os volumes de 130 e 160 L de calda/ha não mostram diferenças significativas, bem como os volumes de 100, 130 e 160 L de calda/ha apresentaram comportamento similar quando pulverizados com a presença do surfactante. Nos menores volumes avaliados, a utilização do surfactante contribuiu para aumentos na massa de mil sementes de até 3%, em especial no volume de 40 L/ha.

No que diz respeito a distribuição do rendimento de grãos, ao longo da planta, observou-se que o terço inferior contribuiu entre 5,73 e 18,96% sobre o rendimento, ao passo que na porção mediana da planta, a contribuição ficou entre 26,36 e 45,07% e a porção superior foi responsável por 36,16 a 67,90% do rendimento, como mostra a Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15. A medida em que houveram reduções no volume de calda/ha, independente dos adjuvantes, as porções inferiores e medianas da planta apresentaram menor contribuição sobre o rendimento final, logo, o terço superior da planta adquiriu maior importância sobre esta variável, sendo que, a medida em que os volumes de calda aumentaram houve maior equivalência da distribuição ao longo da planta.

Tabela 12 - Rendimento de grãos (kg/ha) e massa de mil sementes (g), em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Rendimento (kg/ha)		Massa de mil sementes (g)	
	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante
40	3.005,5 dB	3.409,3 cA	140,6 dB	145,4 cA
70	3.424,8 cB	3.816,6 bA	144,6 cB	146,9 bcA
100	3.733,9 bB	4.069,1 aA	146,4 bcB	150,9 aA
130	3.955,6 aA	4.078,1 aA	149,5 aA	150,3 aA
160	3.971,8 aA	4.025,2 aA	149,2 aA	149,6 aA
C.V. (%)	11,95		10,81	

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

No terço inferior da planta, Tabela 13, os aumentos no volume de calda, com utilização isolada de óleo mineral, aumentaram em 3,2 vezes a participação do referido terço sobre o rendimento final, ao passo que, quando adicionado surfactante a calda, os aumentos da participação sobre o rendimento ficam na faixa de 2,5 vezes, uma vez que, os impactos da redução de volume foram minimizados pelo surfactante, em especial nos volumes de 40 e 70 L de calda/ha, que permitiram acréscimos de aproximadamente 31 e 27% , respectivamente, sobre o rendimento. No entanto, nos volumes de 130 e 160 L de calda/ha não foram observadas diferenças em termos de participação no rendimento, quando o óleo mineral foi empregado de maneira isolada ou associado ao surfactante.

O rendimento de grãos observado no terço inferior, Tabela 13, variou cerca de 4,3 vezes e 2,9 vezes, com a utilização isolada do óleo mineral ou quando este foi acrescido ao surfactante, respectivamente. O aumento no volume de calda, de 40 para 70, de 70 para 100 e de 100 para 130 L/ha, representou cerca de 89%, 64% e 33% a mais de rendimento na porção inferior da planta, quando o óleo mineral foi empregado isoladamente, no entanto, a medida em que se acrescentou o surfactante a calda de pulverização, houveram variações menos abruptas sobre o rendimento, sendo de 81%, 39% e 19% para os referidos incrementos de volume. Ainda, no volume de 40 L/ha, o emprego do surfactante representou 48% a mais de rendimento no terço inferior, ao passo que para o volume de

70 L/ha, os diferenciais atingiram cerca de 42%, sendo de 21% para o volume de 100 L de calda/ha.

Tabela 13 - Participação no rendimento (%) e rendimento de grãos (kg/ha) do terço inferior da planta, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Participação no rendimento (%)		Rendimento (kg/ha)	
	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante
40	5,73 dB	7,50 dA	172,1 dB	255,7 dA
70	9,53 cB	12,13 cA	326,5 cB	462,9 cA
100	14,33 bB	15,90 bA	535,1 bB	647,4 bA
130	18,03 aB	18,96 aA	713,4 aB	773,5 aA
160	18,40 aA	18,76 aA	730,5 aA	755,5 aA
C.V. (%)	13,48		13,96	

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

Na porção mediana da planta, Tabela 14, a utilização do surfactante nos volumes de calda a partir de 100 L/ha, não contribuíram para o aumento da participação do referido terço sobre o rendimento de grãos, que ficou situado entre 41 e 45%, nesta porção da planta, no entanto, nos menores volumes, 40 e 70 L/ha, houveram incrementos próximos a 16 e 9%, respectivamente. O aumento do volume de calda, de 40 para 70 L/ha e posteriormente, de 70 para 100 L/ha, proporcionaram aumentos, próximos a 30 e 19%, respectivamente, da participação do terço médio no rendimento, na ausência do surfactante, sendo os diferenciais próximos a 22 e 13%, quando empregado o surfactante, nos volumes de calda citados.

O terço médio da planta apresentou variações no rendimento entre 792,6 e 1.814,1 kg/ha, diante da combinação de adjuvantes e variações no volume de calda. Na ausência do surfactante, o aumento no volume de calda representou o aumento de rendimento na ordem de 2,3 vezes, onde as maiores contribuições ocorreram com o incremento no volume de 40 L/ha para 70 L/ha, com aumento próximo a 49% e na passagem de 70 para 100 L/ha, atingindo patamares próximos a 30%. A medida em que o surfactante foi utilizado, os diferenciais frente aos aumentos no volume foram amenizados, uma vez que,

em contraste, os diferenciais observados frente ao menor e ao maior volume testado, atingiram 1,7 vezes, com patamares de 37 e 20%, na variação de 40 para 70 L/ha e de 70 para 100 L/ha, respectivamente. No maior volume de calda avaliado, não observou-se incrementos no rendimento diante do uso do surfactante.

Tabela 14 - Participação no rendimento (%) e rendimento de grãos (kg/ha) do terço médio da planta, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Participação no rendimento (%)		Rendimento (kg/ha)	
	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante
40	26,36 dB	30,53 dA	792,6 dB	1.040,9 cA
70	34,40 cB	37,46 cA	1.178,1 cB	1.430,3 bA
100	41,03 bA	42,40 bA	1.532,3 bB	1.725,6 aA
130	43,20 abA	44,40 abA	1.708,4 aB	1.810,5 aA
160	44,73 aA	45,07 aA	1.775,7 aA	1.814,1 aA
C.V. (%)	12,49		12,72	

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

A porção superior da planta, Tabela 15, mostrou interação entre volume de calda e combinação de adjuvantes, no que tange a participação do terço superior no rendimento, no entanto, o rendimento de grãos foi significativo apenas para os volumes de calda.

A medida em que aumentou-se o volume de calda/ha, houve a maior participação do terço inferior e médio sobre o rendimento de grãos, logo, com os menores volumes pulverizados houve a menor participação sobre o rendimento. Assim, nos volumes de 40, 70 e 100 L/ha, houve maior concentração do rendimento na porção superior da planta, atingindo cerca de 68%, quando pulverizados 40 L/ha combinado com óleo mineral. A utilização do surfactante reduziu a influência do terço superior sobre o rendimento, frente a melhor distribuição nas demais porções da planta, sendo o mesmo comportamento observado para os volumes de calda, os quais, à medida que aumentaram, minimizaram a importância e supremacia da porção superior sobre o rendimento, o qual, foi melhor distribuído ao longo da planta.

Tabela 15 - Participação no rendimento (%) e rendimento de grãos (kg/ha) do terço superior da planta, em função dos volumes de calda (L/ha) e da combinação de adjuvantes nas aplicações de fungicidas, Passo Fundo – RS, 2016

Volume (L/ha)	Participação no rendimento (%)		Rendimento (kg/ha)		
	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante	Óleo mineral	Óleo mineral e Surfactante	Média
40	67,90 aA	61,96 aB	2.040,7	2.112,7	2.076,7 a
70	56,06 bA	50,40 bB	1.920,2	1.923,4	1.921,8 b
100	44,63 cA	41,70 cB	1.666,5	1.696,2	1.681,4 c
130	38,76 dA	36,63 dB	1.533,8	1.494,2	1.514,0 d
160	36,86 dA	36,16 dA	1.465,7	1.455,7	1.460,7 d
C.V. (%)	12,39		13,55		

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

3.5 Discussão

A cobertura da superfície foliar sofre influência do adjuvante e do volume de calda, o qual impacta no número de gotas/cm², onde ambos relacionam-se diretamente com a severidade da ferrugem asiática da soja, impactando sobre o índice de área foliar e na produtividade, nos diferentes estratos da planta. Tais comportamentos fundamentam-se na característica de baixa mobilidade dos fungicidas empregados para manejo desta doença, os quais, classificados como penetrantes, na sua maioria apresentam ação local-sistêmica, sendo transportados a pequenas distâncias a partir do ponto de deposição, exigindo assim a distribuição adequada ao longo da planta, bem como em seus órgãos, em especial as folhas (REIS; REIS; CARMONA, 2010, p. 51; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014; REIS; REIS, 2015, p. 42).

A distribuição da cobertura da planta apresentou desuniformidade, independente do volume de calda e adjuvante, a qual mostrou-se aproximadamente cinco vezes maior na porção superior da planta, em relação ao terço inferior, resultante do maior número de gotas nesta porção da planta. Em relação ao número de gotas, observou-se o gradiente de oito vezes, na comparação do terço superior em relação ao terço inferior.

A penetração de gotas no dossel da cultura é fator fundamental para o controle químico das doenças, especialmente daquelas que iniciam o processo infeccioso nas folhas baixas, como é o caso da ferrugem asiática. No entanto, observou-se que a cobertura máxima obtida ficou na ordem de 12% quando empregou-se o óleo vegetal isoladamente, passando para cerca de 16%, quando acrescido o surfactante, no volume de calda de 160 L/ha, onde não ultrapassou-se 37 gotas/cm².

A eficiência das gotas geradas por uma ponta de pulverização em chegar nas camadas inferiores do dossel vegetal depende das características de arquitetura da cultivar utilizada. Cultivares que possuem maior área foliar e maior número de ramificações laterais permitem mais rapidamente o fechamento das entre linhas, o que gera dificuldade no transporte das gotas para as camadas inferiores do dossel (TORMEN et al., 2012). A penetração do ingrediente ativo no interior do dossel é condição essencial para o controle eficaz da doença e, à medida que a cultura cresce, atingir as camadas inferiores do dossel se torna cada vez mais difícil (DEBORTOLI et al., 2012; TORMEN et al., 2012).

A variabilidade entre cultivares de soja, no que tange à arquitetura de plantas, tamanho e inclinação das folhas e índice de área foliar no momento da aplicação, impõe barreiras distintas à penetração de gotas no dossel, uma vez que as folhas da parte superior da planta interceptam boa parte das gotas pulverizadas (TORMEN et al., 2012). Cultivares de soja com características mais eretas e com trifólios lanceolados, possibilitam maior entrada de luz, logo, maior penetração de gotas na parte interna do dossel, permitindo ainda menor microclima para desenvolvimento de doença. Já aquelas com hábito foliar mais palmado, dificultam a penetração de luz e gotas, reduzindo a eficiência da aplicação pela falta de ingrediente ativo na área foliar tratada (MADALOSSO et al., 2012).

A redução no volume de calda, afetou-se significativamente a cobertura e o número de gotas/cm², logo o controle da ferrugem asiática da soja em todos os terços da planta, resultando em maior AACPD, o que demonstra que a magnitude de proteção da soja à doença varia em função da cobertura e da penetração de gotas proporcionadas pela aplicação (DEBORTOLI et al., 2012). Nos volumes de calda testados, a dependência do

adjuvante siliconado foi maior frente as reduções no volume de calda, o qual compensou a cobertura da superfície foliar, logo otimizando o controle da doença, no entanto, no volume de 160 L/ha, o emprego do adjuvante siliconado não mostrou-se determinante para o controle da doença, não diferindo em todos os estratos da planta.

As técnicas de pulverização, através de pontas de energia hidráulica ou centrífugas, com menores ou maiores volumes de aplicação, oferecem baixa recuperação de depósitos e coberturas nos terços médios e inferiores das plantas de soja, ocasionando baixa eficiência do fungicida, e por consequência baixos níveis de controle (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010; CUNHA et al., 2011).

Em grande parte das pulverizações, a deposição de gotas nos estratos mediano e inferior do dossel, de diferentes cultivares, não ultrapassa 20% (TORMEN et al., 2012), sendo que a deposição no terço superior mostra-se até cinco vezes maior em relação ao terço inferior, onde a cobertura, normalmente, não ultrapassa 10%, mesmo com variações no espectro de gotas (VILLALBA et al., 2009; AGUIAR-JÚNIOR et al., 2011; CUNHA et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2013; CUNHA et al., 2014).

A distribuição irregular de produtos no dossel inferior e internamente na planta constitui-se uma das principais causas de baixa eficiência no controle da ferrugem asiática da soja (BOSCHINI et al., 2008; CUNHA et al., 2011), logo fazem-se necessárias estratégias que incrementem a deposição de gotas da pulverização nesse estrato do dossel (CUNHA; COELHO; ARAUJO, 2010; CUNHA et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2013).

Como forma a otimizar a cobertura da superfície foliar destacam-se: a redução do tamanho de gotas, o aumento de volume de calda e uso de adjuvantes que atuam sobre a tensão da gota, logo otimizam seu espalhamento. Em termos de volume de calda, os aumentos crescentes estudados no trabalho, demonstram relevância, no entanto, a partir de certos limites tendem a estagnar, ou seja, em geral, espera-se que o aumento do volume de aplicação proporcione incremento do volume de calda retido até certo ponto, a partir do qual a superfície não consegue mais reter o líquido, passando a ocorrer o escorrimento,

que não é desejável (CUNHA et al., 2008). Assim, volumes superiores a 200 L/ha não proporcionam incrementos no controle de doenças e não refletem sobre a produtividade (CUNHA; PERES, 2010), além de impactar negativamente em aspectos operacionais da aplicação.

A redução no volume de calda aplicado pode ser alcançada por meio do aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador, da redução da pressão de trabalho e, principalmente, da utilização de pontas com vazão baixa, as quais são capazes de produzir gotas menores, sobre as quais faz-se de suma importância a atenção as condições ambientais, diante do risco de perdas por deriva e/ou evaporação (RAMOS, 2000; MATUO, 2010). No entanto, o uso de volumes de calda reduzidos, visando aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores, podem causar efeitos negativos à eficácia de controle (CUNHA et al., 2008; MADALOSSO et al., 2012; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

Aplicações de fungicida com diferentes volumes de calda podem resultar em diferentes níveis de controle da ferrugem asiática, ainda mais quando realizadas em cultivares com distintas arquiteturas (MADALOSSO et al., 2012). Ainda, com a redução da água para a mesma quantidade de ativo, ocorre menor diluição, exigindo maior precisão na aplicação. Logo, a redução do volume de calda/ha traz riscos diretamente ligados a eficiência de controle do fungicida e seu residual (MADALOSSO et al., 2012).

A medida em que reduziu-se a cobertura da superfície foliar e o número de gotas/cm², houve o aumento na severidade de ferrugem asiática, gerando maior AACPD, e menor controle da doenças, afetando diretamente o IAF remanescente em R6, bem como a massa de mil sementes e o rendimento de grãos, em todos os estratos da planta, interferindo na participação dos terços sobre o rendimento.

Os danos em produtividade são o reflexo de um conjunto de efeitos que a ferrugem causa sobre a soja, como desfolha precoce, redução de área foliar e redução do acúmulo de massa seca (KUMUDINI et al., 2008), visto que, quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área, logo maior interferência no

metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na longevidade dos folíolos (FIALLOS; FORCELINI, 2010; TWIZEYIMANA et al., 2011). Assim, o uso de fungicidas, visando o controle da doença, reduz os danos, resultando em maior área foliar sadia durante o enchimento de grãos, o que influencia diretamente sobre componentes de rendimento (GODOY et al., 2009; GODOY et al., 2016).

Nos volumes de calda avaliados, a utilização do surfactante mostrou-se viável, incrementando a cobertura da superfície foliar, reduzindo a AACPD, maximizando o controle de doenças, colaborando para a manutenção do IAF e impactando positivamente no rendimento de grãos, em especial nos volumes de calda de 40, 70, 100 e 130 L/ha, uma vez que soluções contendo surfactante organossiliconado promovem incrementos no espalhamento, inclusive de superfícies foliares hidrofóbicas, maximizando a aderência e a penetração dos produtos fitossanitários (RYCKAERT et al., 2007; IOST; RAETANO, 2010; ZYL et al., 2010; CUNHA et al., 2011). Assim, a adição do surfactante a calda de pulverização otimiza a cobertura, com reflexo na severidade da ferrugem asiática da soja, no entanto, não impacta no depósito do agroquímico (PRADO et al., 2015).

Os óleos associados a surfactantes apresentam efeitos positivos como molhante, espalhante, penetrante, antievaporante, melhoria de translocação, retenção e efeito adesivo (GENT; SCHWARTZ; NISSEN, 2003; ARAÚJO; RAETANO, 2011; PRADO et al., 2015), e também minimizam o efeito da chuva e melhoram o efeito de controle sobre ferrugem asiática da soja (DEBORTOLI et al., 2012). Assim a combinação de ambos aparece como alternativa para potencializar o efeito do fungicida.

A redução do volume de aplicação, representa expressiva inovação tecnológica e uma forte tendência entre os agricultores, uma vez que possibilita o aumento da capacidade operacional da pulverização. Entretanto, requer o aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada, pois a redução no volume de calda/ha implica em menor quantidade de calda depositada e distribuída sobre o alvo. Portanto, a utilização dos baixos volumes de calda, quando empregados, devem ser seguir princípios técnicos, respeitando as limitações impostas pelo ambiente e pelo alvo. A utilização do óleo mineral associado ao surfactante organossiliconado constitui-se em uma alternativa para

minimizar os impactos causados pela redução do volume, atenuando, em parte, as deficiências em termos de cobertura da superfície foliar, refletindo sobre a epidemia de ferrugem asiática da soja, manutenção da área foliar e rendimento de grão, sendo que, pelo estudo apresentado, a maior relevância do surfactante organosiliconado ocorre nos menores volumes de calda.

3.6 Conclusão

Em conclusão, nossos dados demonstram que, a cobertura da superfície foliar sofre influência do adjuvante e do volume de calda, o qual impacta no número de gotas/cm², relacionando-se diretamente com a severidade da ferrugem asiática da soja, impactando sobre o índice de área foliar e na produtividade, nos diferentes estratos da planta. Tais comportamentos fundamentam-se na característica de baixa mobilidade dos fungicidas empregados para manejo desta doença, logo, existem respostas positivas no aumento do volume de calda/ha, bem como na utilização do surfactante, o qual adquire maior importância quanto menor o volume de calda utilizado.

4 CAPÍTULO II

Espectro de gotas e volume de calda como forma de otimizar a deposição, a cobertura da superfície foliar, o manejo da ferrugem asiática e o rendimento de grãos da cultura da soja

4.1 Resumo

A uniformidade de distribuição do fungicida, ao longo da planta e sobre os folíolos, sofre influência do espectro de gotas e do volume de calda pulverizado, refletindo na eficiência de controle da ferrugem asiática, uma vez que os fungicidas empregados para seu manejo, quando penetrantes, apresentam ação loco-sistêmica. Assim, em experimento conduzido, na safra 2015/16, empregando diferentes cultivares de soja, objetivou-se estimar os impactos causados pela alteração no espectro de gotas e/ou no volume de calda, no que tange aos depósitos da pulverização, cobertura da superfície foliar, severidade da ferrugem asiática e rendimento de grãos. Mantendo-se o volume de calda e alterando-se o espectro de gotas, de fino para médio, observou-se similaridade quanto aos depósitos da pulverização, nos estratos superior, mediano e inferior, no entanto, ocorreram variações na cobertura da superfície foliar, a qual mostrou-se superior com a utilização de gotas médias, com variações próximas a 50% na porção superior, 58% na porção mediana e 400% na porção inferior da planta, refletindo na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), incrementada frente ao emprego de gotas finas, as quais proporcionaram decréscimos de até 9% no rendimento de grãos. Mantendo-se o espectro de gotas médio, com variação no volume de calda, observou-se similaridade quanto aos depósitos, no entanto, volumes maiores proporcionaram acréscimos na cobertura da superfície foliar, com variações de até 68% na porção superior, 77% na porção mediana e até 98% na porção inferior. A AACPD mostrou-se maior frente aos baixos volumes de calda, os quais refletiram sobre o rendimento de grãos, reduzido em até 10%. Alterando-se o volume de calda e tamanho de gotas (finas ou médias), observaram-se variações nos depósitos de até 73%, 54% e 30%, na porção superior, mediana e inferior, respectivamente, com superioridade dos maiores volumes e gotas médias. Quanto a cobertura, gotas médias e maiores volumes proporcionaram diferenciais próximos a 9 vezes na porção superior, 16 vezes na porção mediana e 12 vezes na porção inferior, tendo impacto direto na AACPD, com variações de até 800 unidades, bem como relação com o rendimento de grãos, reduzido em até 16%, diante da pulverização com gotas finas e baixos volumes. Assim, os maiores volumes de calda (na ordem de 140 L/ha) e o emprego de um espectro de gotas de categoria médio (entre 236 a 340 μm), implicam em ganhos na deposição de calda e na cobertura da superfície foliar, relacionando-se diretamente com o aumento na eficiência de controle da ferrugem asiática da soja e no rendimento de grãos.

Palavras-chave: 1. *Phakopsora pachyrhizi*. 2. Tamanho de gota. 3. Taxa de aplicação.

4.2 Introdução

Para o controle eficiente da ferrugem asiática, através da aplicação de fungicidas, faz-se necessário que ocorra a deposição das gotas, em quantidades adequadas em todas as folhas da planta, promovendo a cobertura da superfície foliar de maneira uniforme e com adequada distribuição ao longo do perfil da planta (ANTUNIASSI, 2006, p. 28). Mesmo empregando fungicidas eficientes, o controle da doença não se mostra satisfatório em várias situações, sendo uma das razões a aplicação inadequada dos produtos (BUTZEN et al., 2005; CUNHA et al., 2008). A pulverização é um dos fatores limitantes quanto ao desempenho do fungicida, sendo talvez o elo mais fraco na cadeia de eventos de um agroquímico, após seu processo de desenvolvimento, onde cerca de 70% da eficiência dependerá da efetividade da pulverização (AZEVEDO, 2015, p. 74).

O sucesso em uma aplicação é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura, já que a eficácia do tratamento não depende somente da quantidade de fungicida depositado sobre as plantas (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006). Portanto, há necessidade da adequação da tecnologia de aplicação ao produto fitossanitário, ao alvo e à cultura (CUNHA et al., 2003; CUNHA; COELHO; ARAÚJO, 2010; CUNHA; SILVA, 2010).

O controle de doenças da soja pode ser influenciado pelo volume de calda pulverizada, tamanho das gotas e pela utilização de adjuvantes que aumentem o espalhamento e cobertura da superfície foliar tratada (CARVALHO et al, 2013; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014). Tais fatores tornam-se relevantes em função da característica dos fungicidas empregados para o manejo da ferrugem asiática da soja, os quais, mesmo quando sistêmicos, são transportados a pequenas distâncias, a partir do ponto de deposição (REIS; REIS; CARMONA, 2010, p. 52; REIS; REIS, 2015, p. 42).

A redução do volume de calda na aplicação, implica no emprego de gotas de menor tamanho, buscando-se obter uma adequada cobertura do alvo, uma vez que tamanho de gotas e volume de calda são grandezas inversamente proporcionais. No entanto, a utilização de gotas finas e muito finas, potencialmente incrementa os riscos de deriva

(RAMOS, 2000; MATUO, 2010, p. 56). Ao se utilizar gotas grandes, pode-se reduzir o risco de deriva, entretanto, pode-se também reduzir a eficiência dos produtos, além de prejudicar a distribuição da calda ao longo da planta (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007; GANDOLFO et al., 2014). Assim, faz-se de suma importância que o tamanho da gota seja pequeno o suficiente para permitir adequada cobertura do alvo, e grande o suficiente para ter durabilidade suficiente para percorrer a distância entre o ponto de sua emissão e o alvo, em uma dada condição ambiental (CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

As taxas de aplicação com volume reduzido, que aparecem como alternativa para o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores, podem afetar negativamente a eficácia de controle em determinadas situações (RAMOS, 2000; CUNHA et al., 2008; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014; PRADO et al., 2015). Ainda, a redução da água no interior do tanque para a mesma quantidade de ingrediente ativo causa menor diluição, necessitando maior precisão na pulverização, bem como a redução do volume de calda/ha pode reduzir a eficiência de controle do fungicida e seu residual (CUNHA et al., 2008; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

A escolha da ponta de pulverização é fundamental para que se obtenham gotas de tamanho ideal, somadas ao momento de aplicação mais oportuno, compondo um conjunto de fatores que devem ser considerados na tomada de decisão para o controle das doenças (MADALOSSO et al., 2010; CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016). As pontas de energia hidráulica são utilizadas quase na totalidade dos pulverizadores de barras, nos quais há predominância das pontas de jato plano (BOLLER; RAETANO, 2011, p. 52), no entanto, além destas, são empregadas ainda pontas de jato cônico e pontas de impacto (MATUO et al., 2010, p. 39; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 52), onde a combinação do tipo de ponta e da pressão de trabalho determina o tamanho de gotas aplicadas, afetando a cobertura dos órgãos vegetais e o potencial de deriva das gotas (CHECHETTO; ANTUNIASSI, 2012; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

As técnicas de pulverização, através de pontas de energia hidráulica ou centrífugas, com menores ou maiores volumes de aplicação, oferecem baixa recuperação

de depósitos e coberturas nos terços médios e inferiores das plantas de soja ocasionando baixa eficiência do fungicida, logo baixos níveis de controle (CUNHA et al., 2011; PRADO et al., 2010; BOSCHINI et al., 2008).

Com o intuito de melhorar a deposição e cobertura dos alvos, em especial quando tridimensionais, em culturas com alto índice de área foliar, como a cultura da soja, a utilização de pontas de jatos planos duplos são indicadas para aplicação dos agroquímicos, uma vez que, por direcionar dois jatos sobre a mesma área, as gotas originadas de tais pontas têm maior capacidade de alcançar alvos encobertos pelo efeito guarda-chuva das folhas da cultura (MASIÁ; CID, 2010, p. 83; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 64). Com este objetivo desenvolveram-se pontas de pulverização como a Hypro[®] Defy 3D, com 38° de inclinação do jato, em relação a vertical.

As pontas Hypro[®] Defy 3D foram projetada para eliminar as gotas finas e muito finas, assim, reduzindo a deriva em até 75%, comparando-as com as pontas tradicionais, sem a indução de ar. Ainda, visam melhorar a penetração e a cobertura do alvo pulverizado, especialmente em folhagens densas, sendo instaladas de maneira alternada ao longo da barra de pulverização, com uma das pontas com o leque direcionado para frente e a outra com o leque voltado para traz, em relação a barra de pulverização, e assim sucessivamente, tendo ângulo de abertura do leque de 100°, sendo as pontas Hypro[®] Defy 3D uma evolução das pontas Hypro[®] Defy, as quais também de jato plano e com inclinação de 38° em relação a vertical, no entanto com abertura do leque de 83°.

O objetivo do trabalho foi avaliar os impactos causados pela alteração no espectro de gotas e/ou do volume de calda/ha no que tange a deposição da calda ao longo da planta e a cobertura da superfície foliar nas diferentes porções do vegetal. Ainda, buscou-se determinar se o volume de calda e/ou o espectro de gotas interferem no comportamento da epidemia de ferrugem asiática da soja, bem como a relação existente entre deposição de fungicidas, cobertura da superfície foliar, severidade da ferrugem asiática da soja e rendimento de grãos.

4.3 Material e Métodos

4.3.1 Variações no espectro de gotas

Sujeito de pesquisa e local do experimento

Os experimentos foram desenvolvidos na safra na safra 2015/16, nos municípios de Lagoa Vermelha (experimento 1.1) e Erechim (experimento 1.2), situados na região norte do Rio Grande do Sul, empregando as cultivares de soja Syngenta 1257 RR e Syngenta 13561 IPRO, respectivamente, ambas, suscetíveis a ferrugem asiática da soja e com hábito de crescimento indeterminado. A ocorrência de ferrugem asiática da soja deu-se através da infecção natural, com o inóculo presente no ambiente, sendo sua presença detectada pelo consórcio anti-ferrugem.

Tratamentos e delineamentos

Foram empregados dois espectros de gotas, gotas finas e gotas médias, pulverizadas com 150 L de calda/ha, sendo os tratamentos conduzidos no delineamento completamente casualizado, com quatro repetições, onde as unidades experimentais mediram 4.000 m².

Procedimentos

Experimento 1.1

A semeadura foi realizada em 24 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, empregando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e população final de 260.000 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas quatro aplicações de fungicidas (Tabela 1), acrescido do óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha.

Tabela 1 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Lagoa Vermelha – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V8	Propiconazol + Difenconazol	37,5 + 37,5
		Azoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24
2	R2	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
		Propiconazol + Difenconazol	37,5 + 37,5
3	R2 + 19 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R2 + 35 dias	Azoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24

As aplicações foram realizadas com pulverizador autopropelido, tendo espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 24 m, operando na velocidade de 12 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. As gotas finas, de acordo com as informações do fabricante, foram geradas através da ponta de pulverização Magno® MAG 4, com jato cônico e abertura de 80°, com pressão de pulverização de 480 kPa, com vazão de 1,52 L/min.

As gotas de espectro médio, com base nas informações do fabricante, deram-se com a utilização da ponta de pulverização Hypro® DEFY 04, com jato plano, inclinação de 38° e abertura do leque de 83°, sendo operadas a 270 kPa, com vazão de 1,54 L/min. As condições do ar medidas durante as aplicações constam na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Lagoa Vermelha – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4
Velocidade do vento (km/h)	4,1	2,9	3,3	1,8
Umidade Relativa do ar (%)	64	58	57	60
Temperatura do ar (°C)	25,1	26,2	27,0	25,8

No estágio R5.3, onde as plantas apresentavam índice de área foliar (IAF) de 4,65 e altura de 0,78 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500TM, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 51% e temperatura de 28,8°C.

Experimento 1.2

A semeadura foi realizada em 29 de outubro de 2015, em sucessão a aveia, empregando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e população final de 272.600 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas cinco aplicações de fungicidas (Tabela 3), acrescido do óleo mineral (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha.

Tabela 3 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Erechim – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V4	Propiconazol + Difenconazol	37,5 + 37,5
2	V8	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
		Propiconazol + Difenconazol	37,5 + 37,5
3	R2	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R2 + 20 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
5	R2 + 38 dias	Azoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24
		Mancozebe	750

As aplicações ocorreram com pulverizador autopropelido, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 24 m, operando na velocidade de 13 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. As gotas finas, de acordo com as informações do fabricante, foram geradas através da ponta de pulverização Hypro® FanTip F11004, com jato plano e abertura de 110°, operadas com pressão de pulverização de 360 kPa e vazão de 1,63 L/min.

As gotas de espectro médio, com base nas informações do fabricante, deram-se com a utilização da ponta de pulverização Hypro® DEFY 3D 035, com jato plano, inclinação de 38°, abertura do leque de 100°, operando a 420 kPa, com vazão de 1,63 L/min. As condições do ar médias durante as aplicações contam na Tabela 4.

Tabela 4 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Erechim – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4	Aplicação 5
Velocidade do vento (km/h)	5,1	4,6	5,1	6,0	5,3
Umidade relativa do ar (%)	55	57	51	62	60
Temperatura do ar (°C)	26,1	25,6	27,4	26,0	25,7

No estádio R5.3, onde as plantas apresentavam IAF de 5,28 e altura de 1,11 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500TM, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 72% e temperatura de 21,0 °C e velocidade do vento de 8,3 km/h.

4.3.2 Variações no volume de calda

Sujeito de pesquisa e local do experimento

Os experimentos foram desenvolvidos na safra na safra 2015/16, nos municípios de Erechim (experimento 2.1) e Carazinho (experimento 2.2), situados na região norte do Rio Grande do Sul, empregando as cultivares Nidera 5909 RG e Syngenta 13561 IPRO, respectivamente, ambas, suscetíveis a ferrugem asiática da soja e com hábito de crescimento indeterminado. A ocorrência de ferrugem asiática da soja deu-se através da infecção natural, com o inóculo presente no ambiente, sendo sua presença detectada pelo consórcio anti-ferrugem.

Tratamentos e delineamentos

Foram empregados dois volumes de calda, 60 e 100 L/ha, no experimento 2.1, e 65 e 125 L/ha, no experimento 2.2, mantendo-se o espectro de gotas médio, de acordo com as informações fornecidas pelo fabricante, sendo os tratamentos conduzidos no delineamento completamente casualizado, com quatro repetições, onde as unidades experimentais apresentavam 2.000 m².

2.3 Procedimentos

Experimento 2.1

A semeadura foi realizada em 25 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, utilizando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,50 m e população final de 241.200 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas quatro aplicações de fungicidas (Tabela 5), acrescidas de éster metílico de óleo vegetal, (Áureo®) na concentração de 144 g/ha, nas aplicações 1 e 4, e do óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha, nas aplicações 2 e 3.

Tabela 5 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Erechim – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V8	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
2	R1	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
3	R1 + 19 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R1 + 34 dias	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70

As aplicações ocorreram com pulverizador hidráulico montado em um trator, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 18 m, operando na velocidade de 6,0 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. A variação do volume

pulverizado deu-se diante da alteração nas pontas de pulverização, sendo o volume de 65 L/ha obtido através das pontas Teejet® TT11001, com jato plano, abertura do leque de 110° e com pressão de pulverização de 180 kPa, com vazão de 0,3 L/min. O volume de 100 L/ha foi obtido com a utilização da ponta Jacto® AD 110015, com jato plano, abertura do leque de 110°, operando a 210 kPa, com vazão de 0,50 L/min. As condições ambientais médias durante as aplicações contam na Tabela 6.

Tabela 6 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Erechim – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4
Velocidade do vento (km/h)	5,3	4,1	5,5	4,0
Umidade relativa do ar (%)	58	56	61	59
Temperatura do ar (°C)	26,2	27,1	26,3	26,9

No estádio R5.4, onde as plantas apresentavam IAF de 4,98 e altura de 0,71 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500™, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 58% e temperatura de 25,4°C e velocidade do vento de 6,8 km/h.

Experimento 2.2

A semeadura foi realizada em 20 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, empregando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e população final de 232.100 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas quatro aplicações de fungicidas (Tabela 7), acrescido do óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha, nas aplicações 1, 2 e 3. Na aplicação 4, utilizou-se o éster metílico de óleo vegetal (Áureo®), na concentração de 144 g/ha.

Tabela 7 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Carazinho – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	R1	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
2	R1 + 20 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
3	R1 + 38 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R2 + 51 dias	Trifloxistrobina + Protioconazol Mancozebe	60 + 70 750

As aplicações ocorreram com pulverizador autopropelido, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 21 m, operando na velocidade de 12 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. A variação do volume pulverizado deu-se diante da alteração nas pontas de pulverização, sendo o volume de 60 L/ha obtido através das pontas Teejet® DGTJ60 11002, com jato plano duplo, ângulo de 60° entre os jatos e abertura do leque de 110°, operando com pressão de pulverização de 200 kPa, com vazão de 0,65 L/min.

O volume de 125 L/ha foi obtido com a utilização da ponta Hypro® Defy 03, com jato plano, com inclinação de 38°, abertura do leque de 83°, operando a 360 kPa, com vazão de 1,10 L/min. As condições ambientais médias durante as aplicações contam na Tabela 8.

Tabela 8 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Carazinho – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4
Velocidade do vento (km/h)	2,3	3,8	2,8	3,0
Umidade relativa do ar (%)	59	63	56	66
Temperatura do ar (°C)	26,6	24,4	27,6	25,1

No estádio R5.3, onde as plantas apresentavam IAF de 4,82 e altura de 0,89 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500TM, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 61% e temperatura de 27,2°C e velocidade do vento de 4,8 km/h.

4.3.3 Variações no espectro de gotas e volume de calda

Sujeito de pesquisa e local do experimento

Os experimentos foram desenvolvidos na safra na safra 2015/16, nos municípios de Erechim (experimento 3.1), Tapera (experimento 3.2), Cruz Alta (experimento 3.3) e Tupanciretã (experimento 3.4 e 3.5), situados na região norte do Rio Grande do Sul, empregando as cultivares Nidera 6909 IPRO, Syngenta 13561 IPRO, Brasmax Ativa RR, e Brasmax Alvo RR, respectivamente, todas suscetíveis a ferrugem asiática da soja e com hábito de crescimento indeterminado, exceto BMX Ativa RR, com hábito de crescimento determinado. A ocorrência de ferrugem asiática da soja deu-se através da infecção natural, com o inóculo presente no ambiente, sendo sua detectada pelo consórcio anti-ferrugem.

Tratamentos e delineamentos

Avaliaram-se dois volumes de calda/ha, sendo o menor volume pulverizado com gotas de espectro fino e o maior volume com gotas de espectro médio, com base nas informações fornecidas pelo fabricante das pontas, Tabela 9, sendo os tratamentos conduzidos no delineamento completamente casualizado, com quatro repetições, onde as unidades experimentais apresentavam 2.000 m².

Tabela 9 - Caracterização dos tratamentos para avaliar os impactos da redução do volume de calda e do espectro de gotas sobre a cobertura da superfície foliar, a deposição da calda pulverizada, o comportamento da epidemia de ferrugem asiática e o rendimento de grãos, 2016

Experimento	Tratamento A	Tratamento B
3.1	65 L/ha, gotas finas	115 L/ha, gotas médias
3.2	120 L/ha, gotas finas	140 L/ha, gotas médias
3.3	30 L/ha, gotas finas	140 L/ha, gotas médias
3.4	100 L/ha, gotas finas	140 L/ha, gotas médias
3.5	30 L/ha, gotas finas	140 L/ha, gotas médias

Procedimentos

Experimento 3.1

A semeadura foi realizada em 25 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, utilizando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e população final de 161.200 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas quatro aplicações de fungicidas (Tabela 10), acrescido do óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha, nas aplicações 2 e 3, e do éster metílico de óleo vegetal (Áureo®), na concentração de 144 g/ha, nas aplicações 1 e 4.

Tabela 10 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Erechim – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V7	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
2	R2	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
3	R2 + 14 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R2 + 27 dias	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70

As aplicações ocorreram com pulverizador montado em um trator, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 21 m, operando na velocidade de 10 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. A variação do volume de calda e do espectro de gotas pulverizado deu-se mediante da alteração das pontas de pulverização, sendo o volume de 65 L/ha e gotas finas obtido através das pontas Teejet® TXA 8001, com jato cônico vazio, operando com pressão de pulverização de 400 kPa, com vazão de 0,45 L/min.

O volume de 115 L/ha e gotas médias foi obtido com a utilização da ponta Hypro® Defy 3D 03, com jato plano, com inclinação de 38°, abertura do leque de 100°, operando a 200 kPa, com vazão de 0,96 L/min. As condições ambientais médias durante as aplicações contam na Tabela 11.

Tabela 11 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Erechim – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4
Velocidade do vento (km/h)	4,8	4,1	5,2	3,9
Umidade relativa do ar (%)	54	56	60	62
Temperatura do ar (°C)	25,8	26,2	26,8	25,0

No estádio R5.2, onde as plantas apresentavam IAF de 4,27 e altura de 0,79 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500™, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 58%, temperatura de 28,2°C e velocidade do vento de 7,1 km/h.

Experimento 3.2

A semeadura foi realizada em 02 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, utilizando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e população final de 282.200 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas

quatro aplicações de fungicidas (Tabela 12), acrescido de óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha.

Tabela 12 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Tapera – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V8	Azoxistrobina	62,5
		Ciproconazol	25
2	R2	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
3	R2 + 20 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R2 + 40 dias	Azoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24

As aplicações ocorreram com pulverizador montado em um trator, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 12 m, operando na velocidade de 7,5 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. A variação do volume pulverizado e do espectro de gotas deu-se mediante a alteração das pontas de pulverização, sendo o volume de 120 L/ha e gotas finas obtido através das pontas Teejet® XR11002, com jato plano, abertura do leque de 110° e com pressão de pulverização de 270 kPa, com vazão de 0,75 L/min.

O volume de 140 L/ha e gotas médias foi obtido com a utilização da ponta Teejet® TTJ11002, com jato plano duplo, ângulo de 60° entre os jatos e abertura do leque de 110°, operando a 370 kPa, com vazão de 0,88 L/min. As condições ambientais médias durante as aplicações contam na Tabela 13.

No estágio R5.4, quando as plantas apresentavam IAF de 5,19 e altura de 1,14 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500™, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 55%, temperatura de 25,4°C e velocidade do vento de 5,4 km/h.

Tabela 13 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Tapera – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4
Velocidade do vento (km/h)	5,3	4,1	5,5	4,0
Umidade relativa do ar (%)	58	56	61	59
Temperatura do ar (°C)	26,2	27,1	26,3	26,9

Experimento 3.3

A semeadura foi realizada em 05 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, utilizando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e população final de 236.300 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas cinco aplicações de fungicidas (Tabela 14), acrescido do éster metílico de óleo vegetal (Áureo®), na concentração de 144 g/ha, nas aplicações 1, 2 e 5. Nas aplicações 3 e 4 empregou-se o óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha. Os referidos adjuvantes foram empregados no volume de 140 L/ha, uma vez que, para o volume de 30 L/ha utilizou-se o adjuvante Top Gold®, de acordo com a recomendação da tecnologia de baixa vazão, na dose de 1,0 L a cada 1000 L de calda.

Tabela 14 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Cruz Alta – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V6	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
2	R1	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
3	R1 + 15 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R1 + 32 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
5	R1 + 48 dias	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70

As aplicações ocorreram com pulverizador autopropelido, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 30 m, operando na velocidade de 15 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. A variação do volume pulverizado e do espectro de gotas deu-se mediante a alteração das pontas de pulverização, sendo o volume de 30 L/ha e gotas finas obtido através das pontas Magno® ST/D 01, com jato plano duplo, com ângulos entre os jatos de 40° e abertura do leque de 130°, com pressão de pulverização de 350 kPa e vazão de 0,38 L/min.

O volume de 140 L/ha e gotas médias foi obtido com a utilização da ponta Hypro® Defy 3D 035, com jato plano, com inclinação de 38°, abertura do leque de 100°, operando a 480 kPa e com vazão de 1,75 L/min. As aplicações foram realizadas no período noturno, com as condições ambientais médias durante as aplicações relatadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Cruz Alta – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4	Aplicação 5
Velocidade do vento (km/h)	3,4	2,7	2,4	3,1	2,5
Umidade relativa do ar (%)	63	67	65	69	68
Temperatura do ar (°C)	24,2	23,9	23,0	24,1	24,6

No estádio R5.3, onde as plantas apresentavam IAF de 5,22 e altura de 1,12 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500™, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 66%, temperatura de 24,4°C e velocidade do vento de 4,2 km/h.

Experimento 3.4

A semeadura foi realizada em 06 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, empregando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e população final de 252.100 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas cinco aplicações de fungicidas (Tabela 16), acrescido do éster metílico de óleo vegetal (Áureo®), na concentração de 144 g/ha, nas aplicações 1 e 2, e do óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha, nas demais aplicações.

As aplicações ocorreram com pulverizador autopropelido, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 30 m, operando na velocidade de 18,5 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. A variação do volume pulverizado e do espectro de gotas deu-se diante da alteração nas pontas de pulverização, sendo o volume de 100 L/ha e gotas finas obtido através das pontas Teejet® TJ60 11004, com jato plano duplo, com ângulos entre os jatos de 60° e abertura do leque de 110°, com pressão de pulverização de 290 kPa e vazão de 1,54 L/min.

Tabela 16 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Tupanciretã – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V7	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
2	R2	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
3	R2 + 20 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R2 + 39 dias	Picoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24
5	R2 + 53 dias	Picoxistrobina + Ciproconazol Mancozebe	60 + 24 1125

O volume de 140 L/ha e gotas médias foi obtido com a utilização da ponta Hypro® Defy 04, com jato plano, inclinação de 38° e abertura do leque de 83°, operando a 560

kPa e com vazão de 2,16 L/min. As condições ambientais médias durante as aplicações constam na Tabela 17.

No estádio R5.3, onde as plantas apresentavam IAF de 4,92 e altura de 0,95 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500TM, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 57%, temperatura de 26,4°C e velocidade do vento de 8,2 km/h.

Tabela 17 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Tupanciretã – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4	Aplicação 5
Velocidade do vento (km/h)	3,4	2,7	2,4	3,1	2,5
Umidade Relativa (%)	63	67	65	69	68
Temperatura (°C)	24,2	23,9	23,0	24,1	24,6

Experimento 3.5

A semeadura foi realizada em 06 de novembro de 2015, em sucessão a aveia, utilizando sementes de categoria S1, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e população final de 252.100 plantas estabelecidas/ha. A fertilização, manejo de plantas daninhas e pragas deu-se de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram realizadas cinco aplicações de fungicidas (Tabela 18), acrescido do éster metílico de óleo vegetal (Áureo®), na concentração de 144 g/ha, nas aplicações 1 e 2, e do óleo mineral parafínico (Nimbus®), na concentração de 256,8 g/ha, nas demais aplicações. Os referidos adjuvantes foram empregados no volume de 140 L/ha, uma vez que, para o volume de 30 L/ha utilizou-se o adjuvante Top Gold®, de acordo com a recomendação da tecnologia de baixa vazão, na dose de 1,0 L a cada 1000 L de cada.

Tabela 18 - Estádio, fungicida e concentração de ingrediente ativo/ha nas aplicações de fungicidas, Tupanciretã – RS, 2016

Aplicação	Estádio	Fungicida	Concentração (g/ha)
1	V7	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
2	R2	Trifloxistrobina + Protioconazol	60 + 70
3	R2 + 20 dias	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	60 + 30
4	R2 + 39 dias	Picoxistrobina + Ciproconazol	60 + 24
5	R2 + 53 dias	Picoxistrobina + Ciproconazol Mancozebe	60 + 24 1125

As aplicações ocorreram com pulverizador autopropelido, com espaçamento de 0,5 m entre bicos e largura da barra de 30 m, operando na velocidade de 18,5 km/h, com altura de barra de 0,5 m acima das plantas. A variação do volume pulverizado e do espectro de gotas deu-se diante da alteração nas pontas de pulverização, sendo o volume de 30 L/ha e gotas finas obtido através das pontas Magno® ST/D 01, com jato plano duplo, com ângulos entre os jatos de 40° e abertura do leque de 130°, com pressão de pulverização de 410 kPa e vazão de 0,41 L/min.

O volume de 140 L/ha e gotas médias foi obtido com a utilização da ponta Hypro® Defy 04, com jato plano, inclinação de 38° e abertura do leque de 83°, operando a 560 kPa e com vazão de 2,16 L/min. As condições ambientais médias durante as aplicações constam na Tabela 19.

No estágio R5.3, onde as plantas apresentavam IAF de 4,92 e altura de 0,95 m, avaliou-se a cobertura da superfície foliar e o depósito da calda pulverizada, empregando o marcador Helios SC 500™, Syngenta. A aplicação deu-se com umidade relativa de 57%, temperatura de 26,4°C e velocidade do vento de 8,2 km/h.

Tabela 19 - Médias da velocidade do vento (km/h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C), observadas durante as aplicações, Tupanciretã – RS, 2016

Condição ambiental	Aplicação 1	Aplicação 2	Aplicação 3	Aplicação 4	Aplicação 5
Velocidade do vento (km/h)	3,4	2,7	2,4	3,1	2,5
Umidade relativa do ar (%)	63	67	65	69	68
Temperatura do ar (°C)	24,2	23,9	23,0	24,1	24,6

Avaliações e análise de dados

Avaliou-se o a cobertura da superfície foliar e a deposição da calda de pulverização, nos estratos superior, mediano e inferior das plantas. Ainda, avaliou-se a severidade da ferrugem asiática da soja e o rendimento de grãos.

Cobertura da superfície foliar e deposição da calda pulverizada

A calda de pulverização foi composta por um volume de água de 200 L, acrescido do adjuvante Nimbus® (42,8 % de óleo mineral parafínico) na dose de 0,6 L/ha e marcador fluorescente (Helios SC 500™, Syngenta) na dose de 0,1% v/v.

Para análise de depósito, foram coletadas 20 plantas, ao acaso de cada tratamento, onde cada planta constituiu uma repetição, as quais foram subdivididas em três estratos, sendo a porção superior, mediana e inferior, cada uma correspondendo a 33,3% da estatura da planta. Foram separadas as folhas, hastes e legumes em seus respectivos níveis, descartando-se os legumes. A área foliar foi determinada através de um integralizador de área foliar.

Para a determinação da área foliar, as amostras foram pesadas e a área calculada por um fator área-peso, previamente determinado em plantas sem a aplicação do marcador

fluorescente. O marcador foi extraído das folhas e hastes através de lavagem com isopropanol (250 mL/amostra) adicionado em sacos plásticos de 5,0 L e agitados por 30 segundos. Uma alíquota de 1,0 mL foi retirada e analisada com o auxílio de um fluorímetro (Fluorímetro 96™, Novartis), com comprimento de onda de 375 nm.

A calda padrão-base foi coletada no início e no final da operação de pulverização para a verificação da concentração do marcador. Essas amostras foram analisadas e comparadas com uma curva de concentração padrão. Os dados de depósitos obtidos do material vegetal foram expressos em ng/cm^2 e os resultados calculados como depósito normalizado (DN) $(\text{ng/cm}^2)/(\text{g/ha})$, relacionados com a concentração inicial do traçador (calda padrão-base), permitindo comparações entre os diferentes tratamentos.

Para avaliação de cobertura (%), foram coletadas 30 folhas, obtidas de dez plantas, as quais foram estratificadas em três porções (superior, mediana e inferior), cada uma correspondendo a 33,3% da estatura da planta, as quais foram fotografadas sob luz UV, com resolução de 7,0 Megapixels, em ambas as faces (abaxial e adaxial), com posterior leitura e cálculo da cobertura no software de análise de imagem FluorSoft®.

Severidade da ferrugem asiática da soja

A severidade da ferrugem asiática da soja foi avaliada com base na área foliar afetada, tomando como referência a escala diagramática de Godoy et al. (2006) (Anexo 1). Entre os estádios V7 e R6, coletaram-se, em intervalos de 12 a 18 dias, dez plantas em cada uma das repetições, de maneira aleatória na área do experimento. A severidade da ferrugem asiática foi integralizada na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), através da equação: $\text{AACPD} = \sum [((y_1 + y_2)/2) * (t_2 - t_1)]$, onde y_1 e y_2 são duas avaliações consecutivas realizadas nos tempos t_1 e t_2 .

Rendimento de grãos

A colheita foi realizada em 2.500 m^2 das unidades experimentais, utilizando uma colhedora de grãos, sendo, posteriormente, os grãos depositados em um caminhão, o peso

determinado através de balanças de plataforma e a umidade aferida, para a estimativa do rendimento de grãos (kg/ha).

Análise de dados

A comparação dos resultados obtidos foi realizada por meio do cálculo do intervalo de confiança, com 95% de probabilidade (IC 95%).

4.4 Resultados

4.4.1 Variações no espectro de gotas

Com base no intervalo de confiança de 95% ($P < 0,05$) entre os fatores avaliados, o espectro de gotas influenciou a deposição da calda pulverizada, a cobertura da superfície foliar, a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e o rendimento de grãos, em especial, quando as gotas finas foram geradas pelas pontas de jato cônico, em relação as gotas médias.

No experimento 1.1, Figura 1, o espectro de gotas influenciou a deposição de calda, a qual mostrou-se maior na porção superior e média da planta quando empregou-se gotas de espectro médio, atingindo $5,0 \text{ ng/cm}^2 (\pm 0,5)$ na porção superior e $2,1 \text{ ng/cm}^2 (\pm 0,4)$ na porção mediana da planta, representando incrementos de 65,3% e 38,9% nas referidas porções, respectivamente. O tamanho das gotas não se mostrou relevante para otimizar a cobertura da superfície foliar na porção superior da planta, a qual ficou na ordem de 64,10% ($\pm 8,0$) para as gotas finas e 77,2% ($\pm 7,4$) para as gotas de tamanho médio, no entanto, na porção média e inferior da planta, a utilização das gotas de tamanho médio proporcionou incrementos de 50,3% e 98,7%, respectivamente sobre a cobertura, a qual ficou na ordem de 48,5% ($\pm 8,7$) e 25,4% ($\pm 5,0$), nas referidas porções, respectivamente.

Observou-se um gradiente quanto a deposição da calda pulverizada e a cobertura da superfície foliar, sendo maior na porção superior da planta, seguida pela porção média

e inferior, independente do espectro de gotas. A deposição da calda na porção superior ficou na ordem de 62,5%, sendo de 28,6% na porção média e de 8,9% na porção inferior da planta. Ainda, quanto a deposição da calda, observou-se maior recuperação da concentração aplicada quando empregou-se gotas médias, chegando a 7,80 ng/cm² / g/ha, sendo cerca de 54% superior em relação as gotas finas, onde obteve-se a recuperação de 5,06 ng/cm² / g/ha.

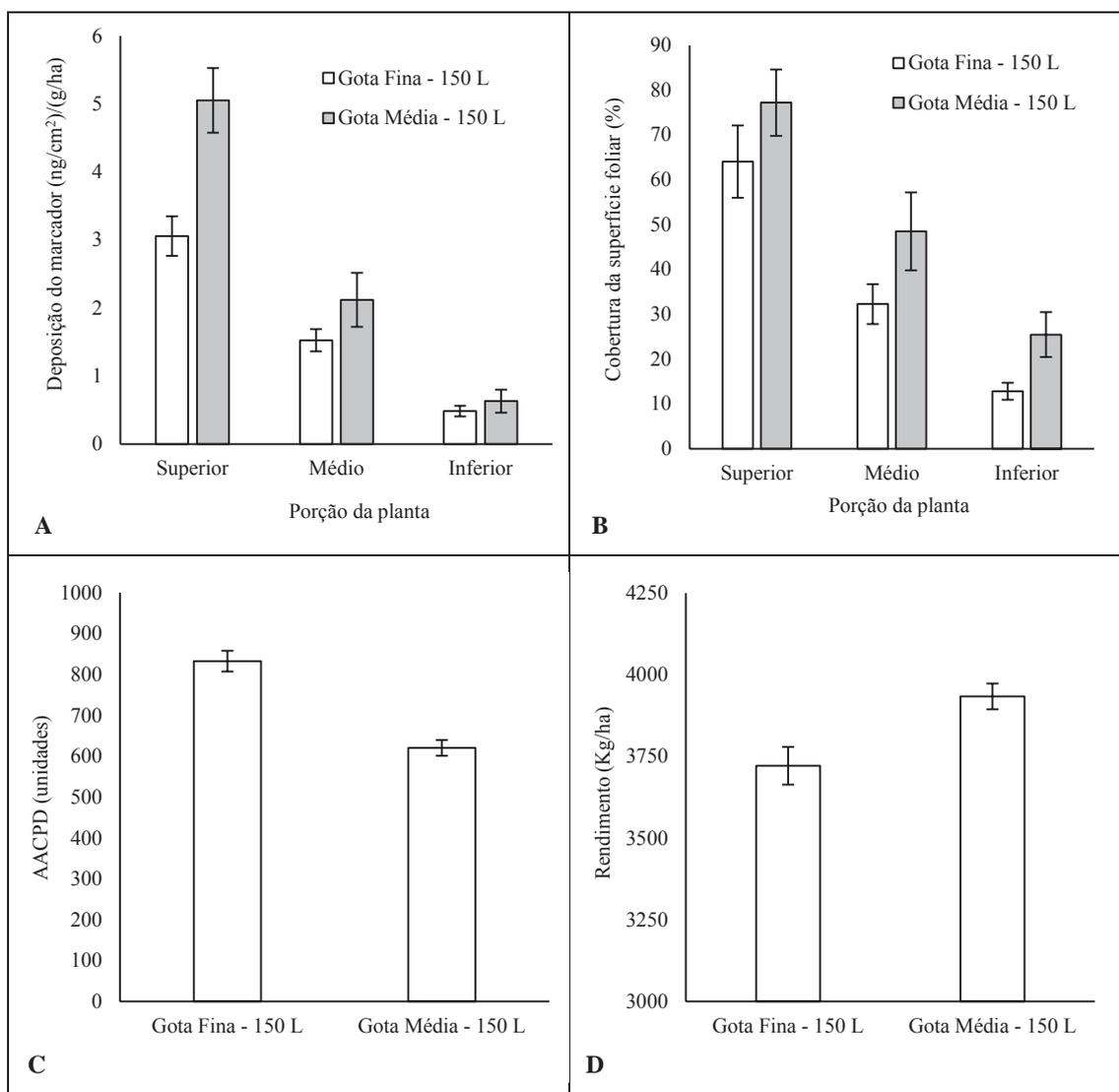


Figura 1 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

A cobertura da superfície foliar reduziu 49,6% e 60,4% quando passou-se da porção superior para a média e da porção média para a inferior da planta, respectivamente, empregando as gotas finas, sendo a redução de 37,2% e 47,5%, ao longo do perfil da planta, empregando-se as gotas médias. Ainda, a cobertura da superfície foliar, com as gotas finas, mostrou-se 5,1 vezes maior na porção superior em relação a inferior da planta, sendo de 3,1 vezes quando empregadas gotas médias, mostrando melhor distribuição da calda pulverizada.

As variações quanto a deposição da calda pulverizada e cobertura da superfície foliar, que ocorreram durante as aplicações de fungicidas, influenciaram o comportamento da epidemia de ferrugem asiática da soja, a qual apresentou diferença de 212,2 unidades de AACPD, sendo maior com a utilização do espectro de gotas fino, o que representou diferenciais de 34,2% sobre esta variável, logo, impactando sobre o rendimento de grãos, o qual foi afetado negativamente, em 5,4% diante da utilização de gotas de espectro fino, passando de 3.933,5 kg/ha ($\pm 39,8$) com a utilização das gotas médias para 3.721,2 kg/ha ($\pm 57,6$) com o emprego das gotas finas.

No experimento 1.2, Figura 2, observou-se maior equidade no que tange a distribuição da calda pulverizada entre os espectros de gota, o qual não influenciou a deposição em nenhum dos terços avaliados, ficando na faixa de 1,9 ng/cm² / g/ha na porção superior, de 1,0 ng/cm² / g/ha na porção média e de 0,3 ng/cm² / g/ha na porção inferior da planta, o que representa 60,4%, 29,5% e 10,1% de recuperação em cada um dos terços, respectivamente.

A cobertura da superfície foliar reduziu em todas as porções da planta, frente a redução no tamanho das gotas. O espectro de gotas médio, em relação ao fino, incrementou a cobertura da superfície foliar em aproximadamente 50,3% na porção superior e 58,1% na porção mediana da planta, sendo o maior diferencial observado na porção inferior da planta, onde variações de aproximadamente quatro vezes foram constatadas, no entanto, mesmo com 150 L de calda/ha, a cobertura atingida na porção inferior da planta não ultrapassou 5,2% ($\pm 1,3$) frente a utilização de gotas médias e 1,3% ($\pm 0,3$), com a utilização de gotas finas. A cobertura da superfície foliar, independente do

espectro de gotas, obtida no terço médio da planta reduziu em aproximadamente 50%, em relação ao terço superior da planta, sendo observada a redução de cerca de 90% da cobertura do terço inferior em relação ao médio.

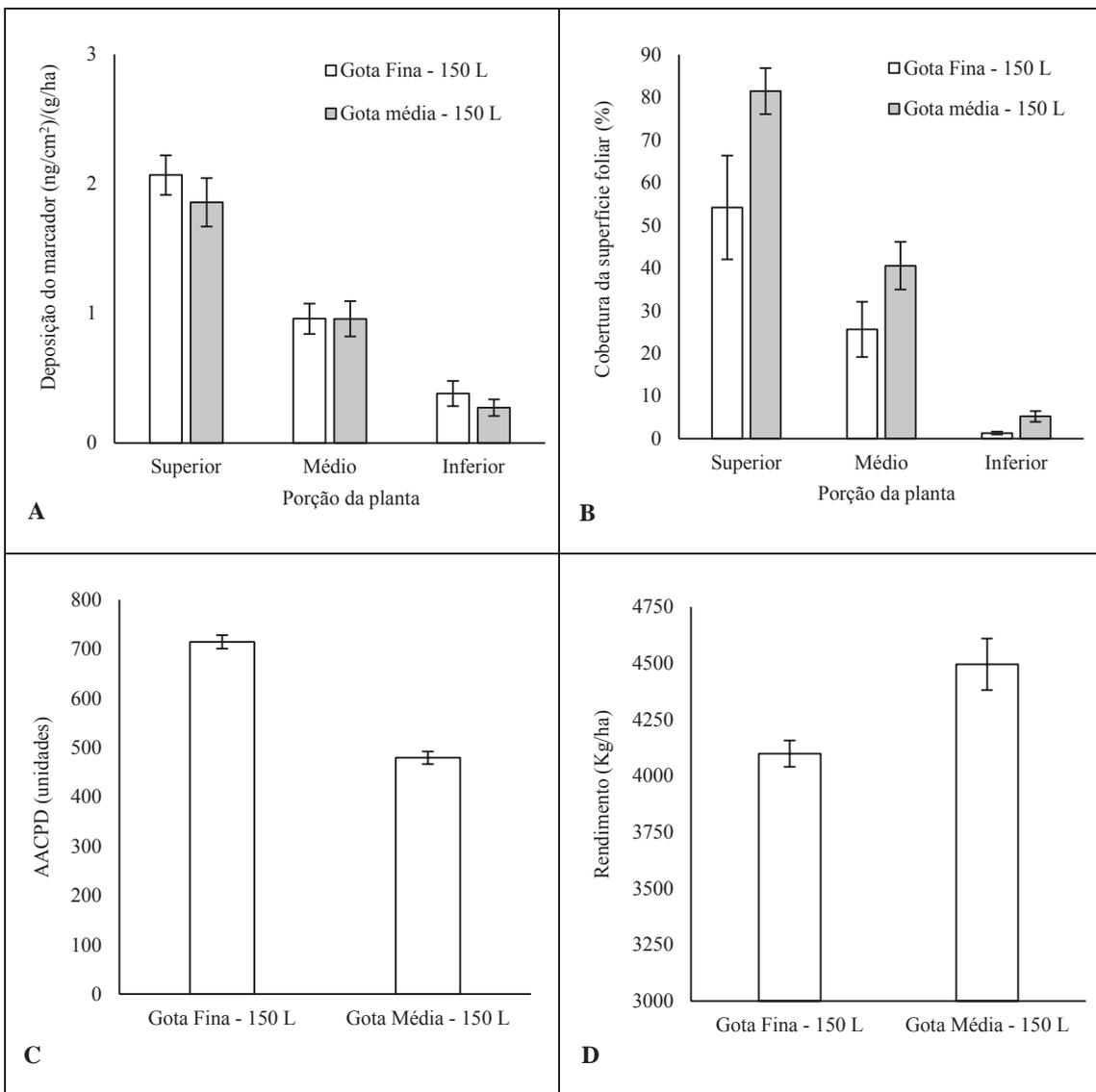


Figura 2 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

A variação no espectro de gotas, impactou sobre o comportamento da ferrugem asiática da soja, culminando em maior severidade da doença, frente a maior AACPD, quando da utilização das gotas finas, o que representou variação de aproximadamente

49% na intensidade da doença, a qual teve reflexo sobre o rendimento de grãos da cultura, chegando a 397 kg/ha, o que representou a redução de 8,8%, diante da utilização das gotas finas em relação as gotas médias.

4.4.2 Variações no volume de calda

Com base no intervalo de confiança de 95% ($P < 0,05$) entre os fatores avaliados, o volume de calda/ha não influenciou na deposição do marcador ao longo da planta, mantendo o espectro de gotas médio, no entanto, mostrou-se significativo quanto a cobertura da superfície foliar, AACPD e rendimento de grãos.

No experimento 2.1, Figura 3, a deposição do marcador deu-se, em especial na porção superior da planta, a qual reteve cerca de 75,5% e 70,1% do da concentração aplicada, empregando o volume de 60 e 100 L/ha, respectivamente. Na porção média da planta observou-se a concentração de 10,8% e 15,2%, frente a aplicação de 60 e 100 L/ha, respectivamente, sendo que no terço inferior da planta, a deposição do marcador não ultrapassou 14,7%.

A cobertura da superfície foliar reduziu a medida em que se alterou o volume pulverizado. O volume de 100 L/ha, em relação a 60 L/ha, proporcionou incrementos de aproximadamente 67,3% na cobertura da superfície foliar, na porção superior da planta, sendo os maiores diferenciais observados na porção média e inferior, onde os incrementos aumentaram cerca de 2,15 vezes, frente ao maior volume. A cobertura da folha proporcionada pelo maior volume não ultrapassou 18,6% ($\pm 5,5$) na porção mediana da planta e 6,6% ($\pm 0,7$) na porção inferior da planta, representando variações de 9,6 e 12,3 vezes, quando comparada a porção superior e inferior da planta, frente ao volume de 100 e 60 L/ha, respectivamente.

A AACPD aumentou a medida em que houve a redução no volume de calda pulverizado, a qual atingiu 775,6 unidades ($\pm 17,5$) quando aplicado 60 L/ha, chegando a 463,8 unidades ($\pm 18,3$) quando utilizado 100 L/ha, o que representou o aumento de 67% na intensidade da doença, diante do menor volume, com impactos sobre o rendimento de

grãos, o qual reduziu 9,9%, frente a redução do volume de calda/ha, passando de 3.792,5 kg/ha ($\pm 27,1$) para 3.415,0 kg/ha ($\pm 22,4$).

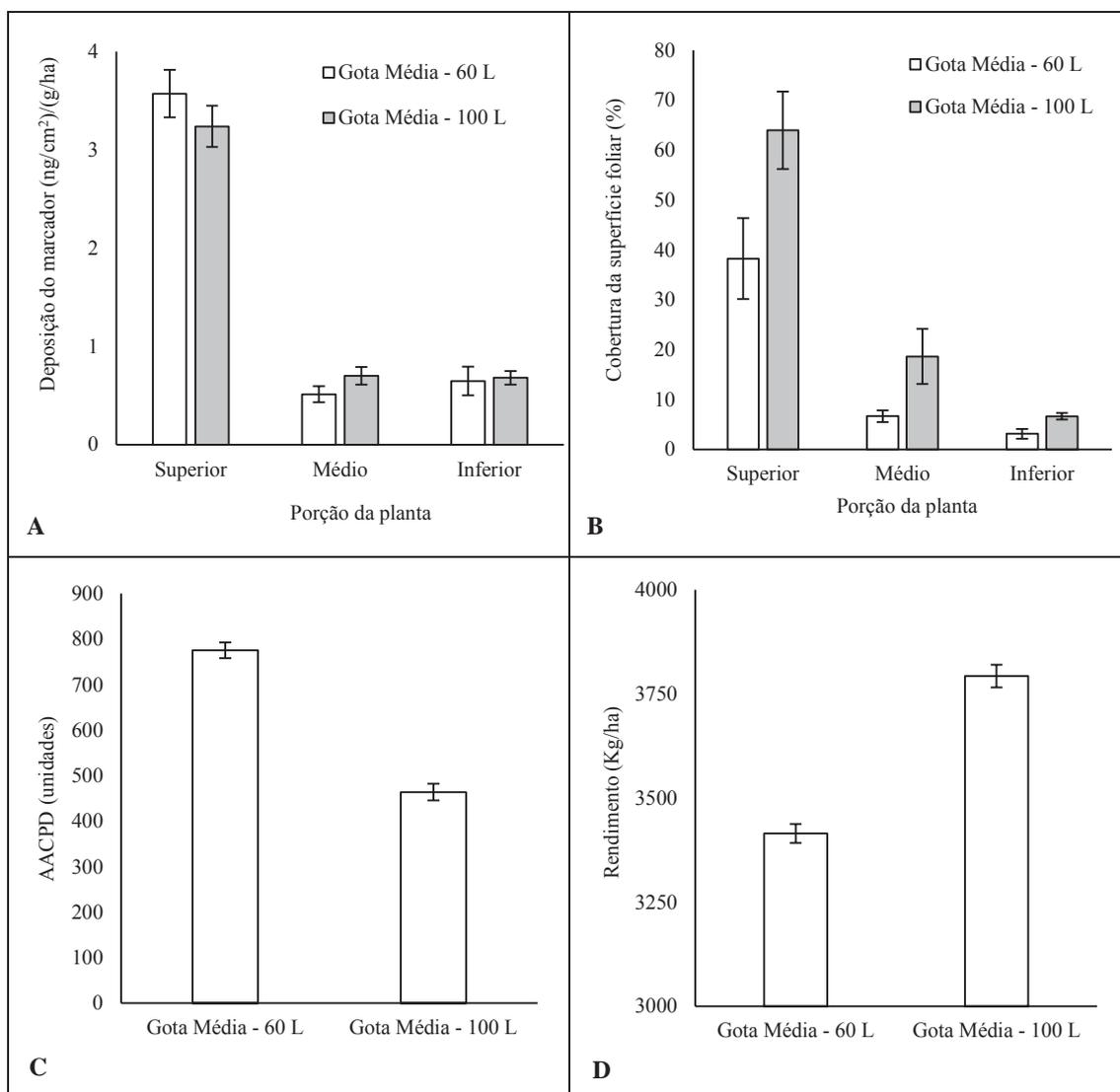


Figura 3 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

No experimento 2.2, Figura 4, não houveram variações quanto a deposição do marcador no terço superior, médio e inferior, onde a maior concentração observada deu-se na porção superior da planta, aproximadamente 71%, seguindo pelo terço médio e inferior, com 22% e 7%, respectivamente.

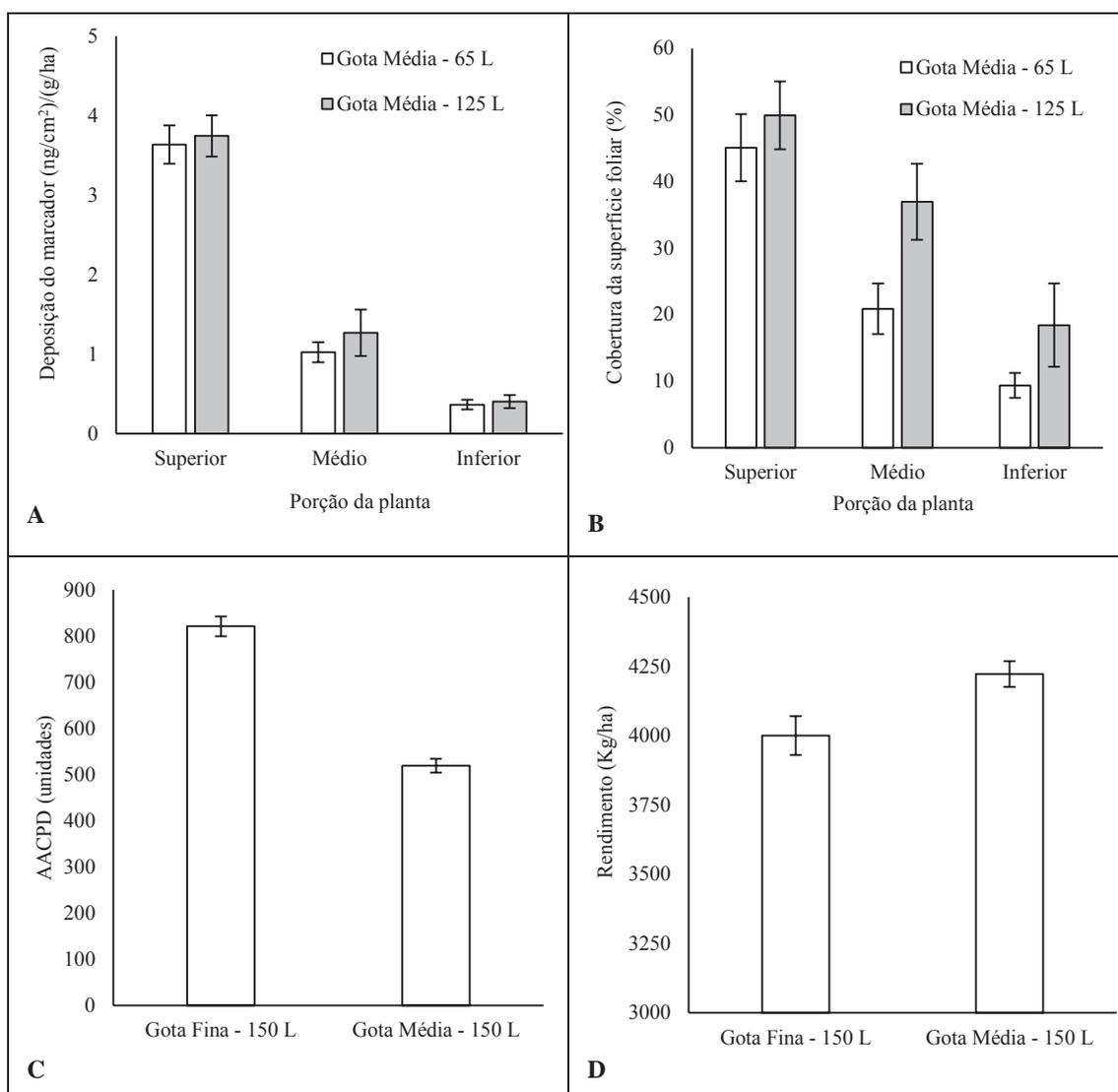


Figura 4 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

O percentual de cobertura da superfície foliar não foi influenciado pelo volume de calda na porção superior da planta, ficando na ordem de 47%. No entanto, a redução no volume de calda, proporcionou menor cobertura da superfície foliar na porção média e inferior da planta, onde a utilização do volume de 65 L/ha reduziu a cobertura na ordem de 77,3% e 97,1%, no terço médio e inferior, respectivamente. Na porção inferior da planta, a cobertura atingiu 9,4% ($\pm 1,9$) e 18,4% ($\pm 6,2$), com a utilização de 65 e 125

L/ha, respectivamente, gerando gradientes na ordem de 4,9 e 2,7 vezes em relação a porção superior da planta.

As variações no rendimento de grãos, que atingiram 5,3%, com superioridade para o maior volume, estiveram associados a maior severidade, logo maior AACPD, ocorrida quando empregaram-se 65 L de calda/ha, uma vez que, a utilização de 125 L de calda/ha reduziu a AACPD em 36,7%, o que representou 301,5 unidades acumuladas ao longo do desenvolvimento da cultura.

4.4.3 Variações no espectro de gotas e volume de calda

Com base no intervalo de confiança de 95% ($P < 0,05$) entre os fatores avaliados, o espectro de gotas e o volume de calda influenciaram na deposição do marcador ao longo da planta, na cobertura da superfície foliar, na AACPD e no rendimento de grãos.

No experimento 3.1, Figura 5, a deposição do marcador mostrou-se 47,5% maior na porção superior da planta, alcançando diferenciais de 132,7% na porção mediana da planta, quando utilizaram 115 L de calda/ha, associado a gotas médias. Do montante de marcador recuperado das aplicações, obteve-se maior deposição na porção superior da planta, ficando na ordem de 76% e 71%, alcançando cerca 16% e 24% na porção mediana e 8% e 5% na porção inferior da planta, para os volumes de 65 L/ha e 115 L/ha, respectivamente.

A cobertura da superfície foliar foi afetada em todos os terços da planta frente a alteração no volume e no espectro de gotas. Na porção superior da planta, a cobertura máxima atingiu 58,1% ($\pm 4,3$) quando empregaram-se 115 L de calda/ha e gotas médias, reduzindo em 39,6% quando foram pulverizados 65 L de calda/ha e gotas finas. Na parte mediana da planta, o uso do maior volume de calda atrelado a gotas maiores aumentou a cobertura em 2,2 vezes, sendo observado incremento de cobertura na ordem de 70% na parte inferior da planta.

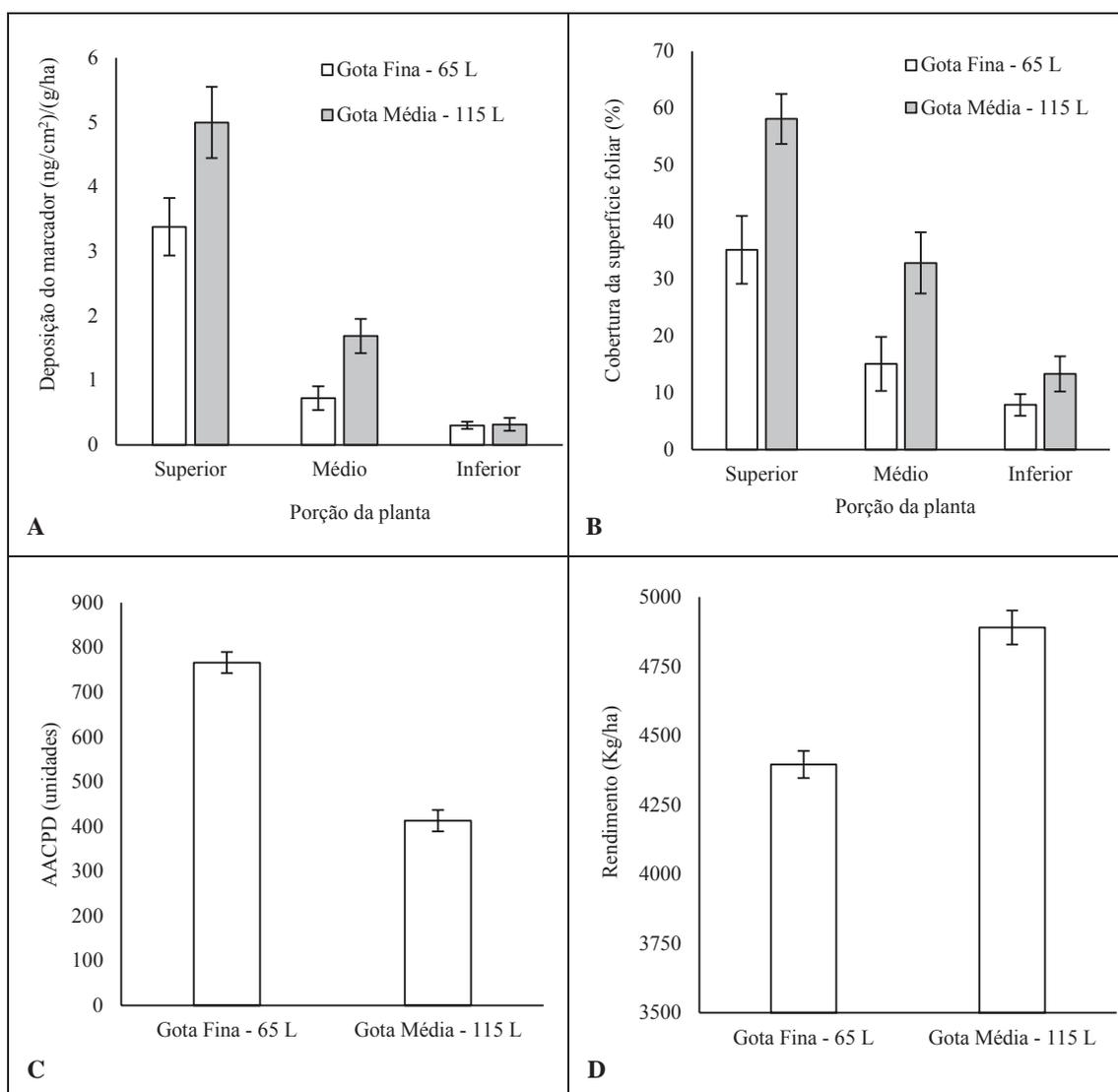


Figura 5 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

Com o emprego de 115 L de calda/ha e gotas médias, a cobertura do terço médio em relação ao superior, caiu aproximadamente 44% e do terço inferior em relação ao médio cerca de 60%, onde a cobertura da porção superior da planta mostrou-se cerca de 4,4 vezes maior que a porção inferior da planta. A utilização do menor volume de calda e gotas de menor espectro, apresentaram redução de 57% da cobertura quando da passagem do terço superior para o médio e cerca de 48% quando comparado o terço médio

e inferior, onde o gradiente formado em relação a cobertura da superfície foliar, entre a porção superior e inferior alcançou 4,5 vezes.

As variações de deposição do marcador observadas ao longo da planta, bem como a maior cobertura da superfície foliar obtida em todos os terços da planta, com o volume de 115 L de calda/ha e gotas de espectro médio, remete a melhor distribuição do fungicida ao longo da planta nas demais aplicações. Assim, observou-se o aumento da severidade de ferrugem asiática da soja diante da redução do volume de calda e do espectro de gotas. A maior AACPD obtida, 766,2 unidades ($\pm 23,6$), com o volume de 65 L de calda/ha e gotas finas representou incrementos na intensidade da doença na ordem de 86%, sendo o fator responsável pela variação no rendimento de grãos, que passou de 4.890 kg/ha ($\pm 61,5$) para 4.395 kg/ha ($\pm 48,7$), representando uma queda de 10,1%, o qual foi maior frente ao volume de 115 L de calda/ha e gotas médias.

No experimento 3.2, Figura 6, o volume de 140 L/ha de calda e gotas médias não mostrou diferença na deposição do marcador na porção superior e média da planta, em relação ao volume de 120 L/ha e gotas finas, no entanto, a deposição foi influenciada na porção inferior da planta, onde o depósito do marcador foi incrementado em 3,6 vezes, diante do maior volume de calda e gotas médias.

Do montante de marcador recuperado, com a aplicação de 120 L/ha e gotas finas, obteve-se 73,9% na porção superior, 23,7% na porção mediana e 2,4% na porção inferior da planta, no entanto, com 140 L/ha e gotas médias, a deposição na parte superior da planta ficou na ordem de 70,5%, na parte mediana em 20,2% e na porção inferior em 9,3%. Assim, a redução do volume e do espectro de gotas gerou diferenças de aproximadamente 30,7 vezes na deposição do marcador, tomando como base a porção superior e inferior da planta, sendo essa variação de 7,6 vezes, com 140 L/ha e gotas médias.

No que tange a cobertura da superfície foliar, a medida em que reduziu-se o volume de calda, reduziu-se também o percentual de cobertura da folha. Na parte superior da planta, a cobertura máxima obtida alcançou 80,8% ($\pm 4,8$) quando empregados 140 L

de calda/ha e gotas médias, sendo reduzida em aproximadamente 30% frente a redução no tamanho de gotas e volume de calda. Quanto a redução na cobertura da superfície foliar, os diferenciais observados alcançaram 39,2% e 47,7% na porção mediana e inferior, respectivamente, frente ao uso de 120 L/ha de calda e gotas finas.

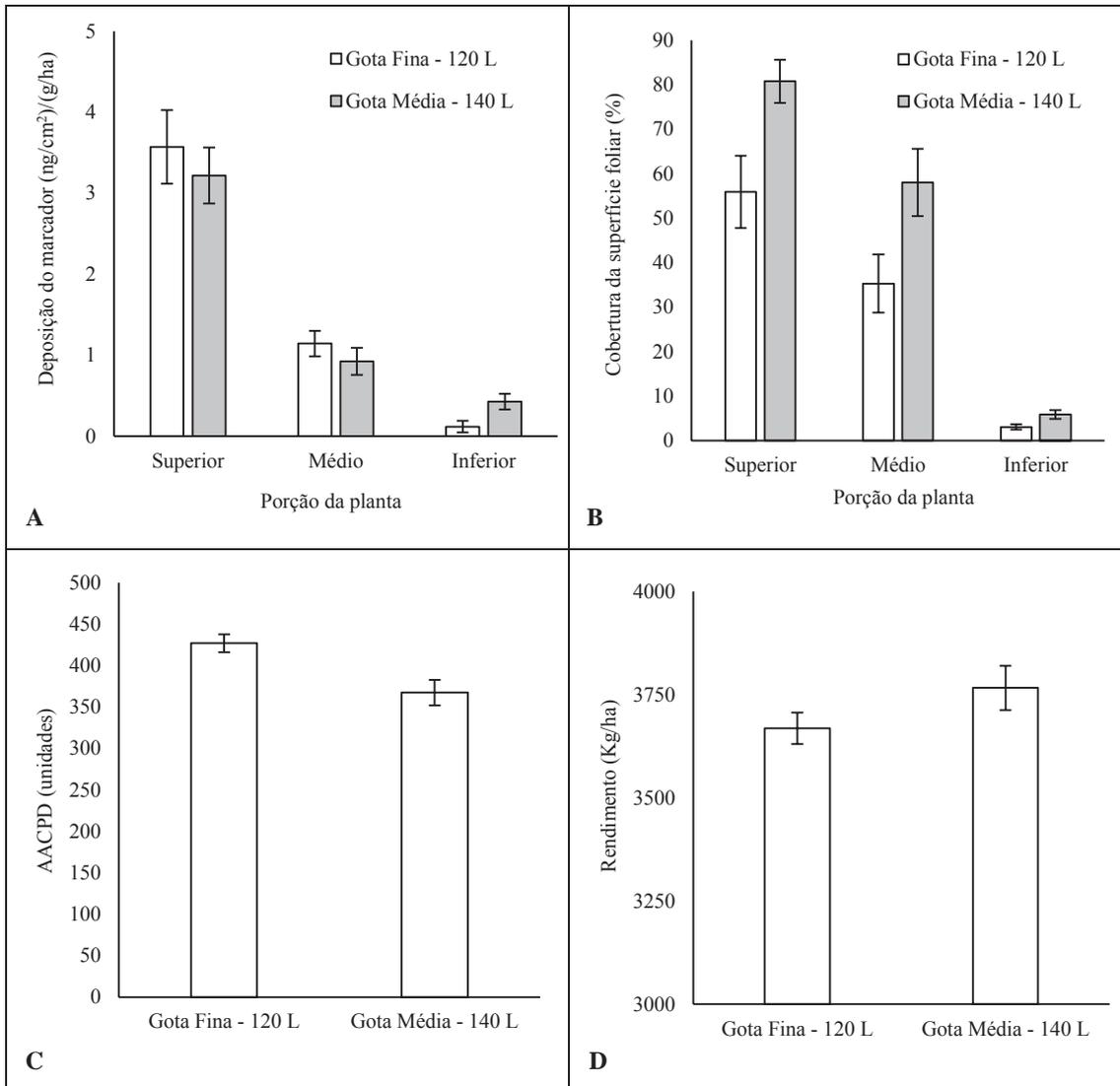


Figura 6 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

A cobertura da superfície foliar reduziu na ordem de 37% na comparação do terço superior com médio e cerca de 91,3% na comparação do terço médio em relação ao

inferior, empregando 120 L de calda/ha e gotas finas, sendo observada a redução de 28,2% e 89,9% da cobertura, na comparação do terço superior em relação ao médio e do terço médio em relação ao inferior, respectivamente, com o uso de 140 L de calda/ha e gotas médias, sendo que, independentemente do espectro de gotas e volume de calda, a cobertura máxima atingida na porção inferior da planta não ultrapassou 5,8% ($\pm 1,1$).

A aplicação de fungicidas com os volumes de calda e espectros de gotas avaliados apresentaram impacto sobre o comportamento da ferrugem asiática, com variação de 59,5 unidade de AACPD, com maior severidade da doença quando empregado 120 L de calda/ha e gotas finas, impactando sobre o rendimento de grãos, que foi afetado negativamente em 2,6%, frente a redução no volume de calda e do espectro de gotas.

No experimento 3.3, Figura 7, espectro de gotas e volume de calda afetaram a deposição do marcador na porção inferior da planta, a cobertura da superfície foliar, em todas as porções da planta, a AACPD e o rendimento de grãos.

A deposição do marcador, na porção superior e mediana da planta, não foi afetada pelo volume de calda e espectro de gotas, no entanto, na porção inferior, a utilização de 140 L/ha de calda e gotas de espectro médio, incrementaram a deposição em 64,3%. Com o maior volume avaliado e gotas médias, 72,5% do montante recuperado ficou depositado na porção superior da planta, 14,5% na porção média e 12,9% na porção inferior, ao passo que com 30 L/ha de calda e gotas finas aproximadamente 73,1% ficou retido na porção superior da planta, 18,8% na porção mediana e 8,2% na porção inferior. Dessa forma, observou-se a deposição de 8,9 vezes a mais de corante na porção superior da planta em relação a inferior, com o emprego de 30 L de calda/ha e gotas finas, sendo a magnitude de 5,6 vezes quando da utilização o maior volume e gotas maiores.

A cobertura da superfície foliar, com a utilização de 140 L de calda/ha e gotas médias, atingiu 58,8% ($\pm 8,3$) na porção superior, 20,1% ($\pm 5,4$) na porção mediana e 12,4% ($\pm 5,1$) na porção inferior da planta, ao passo que a utilização de 30 L de calda/ha e gotas finas proporcionou 6,9% ($\pm 1,5$) de cobertura da superfície foliar no terço superior, 3,6% ($\pm 0,7$) no terço médio e 1,1 ($\pm 0,9$) no terço inferior da planta.

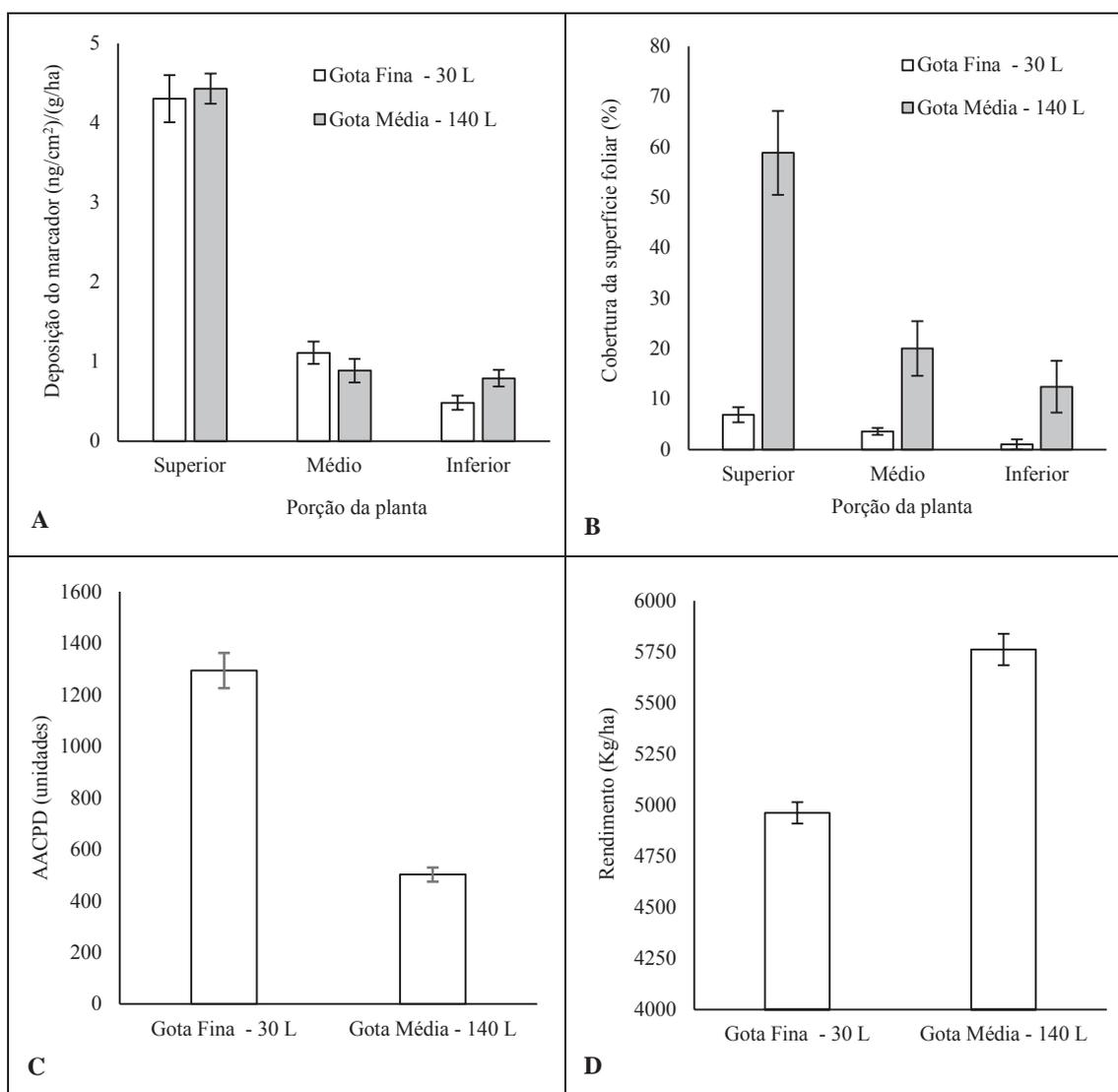


Figura 7 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

A aplicação com 140 L de calda/ha e gotas médias incrementou a cobertura da superfície foliar em 8,5 vezes na porção superior da planta, cerca de 5,6 vezes na porção mediana e 11,9 vezes na porção inferior, sendo a cobertura do terço superior em relação ao inferior cerca de 3,8 vezes maior, com a utilização de 140 L de calda/ha e gotas médias, ficando na ordem de 6,6 vezes diante da utilização de 30 L de calda/ha e gotas finas.

As aplicações de fungicidas empregando os diferentes volumes de calda e espectro de gotas refletiram sobre a epidemia de ferrugem asiática, frente as menores coberturas da superfície foliar proporcionadas pelo menor volume de calda e menor tamanho de gotas. A AACPD apresentou variações de 792 unidade, frente as mudanças na tecnologia de aplicação, passando de 502,1 unidades ($\pm 27,2$) para 1294 unidades ($\pm 68,3$), o que representa 2,6 vezes a mais de ferrugem asiática, diante do uso de 30 L de calda/ha e gotas finas, impactando diretamente sobre o rendimento de grãos, o qual foi reduzido em 13,8%, passando de 5.762,5 kg/ha ($\pm 76,3$) com a utilização de 140 L de calda/ha e gotas médias para 4.962,5 kg/ha ($\pm 52,1$) diante da utilização de 30 L de calda/ha e gotas finas.

No experimento 3.4, Figura 8, o volume de calda de 100 L/ha aliado a gotas finas mostrou comportamento similar ao volume de calda de 140 L/ha e gotas médias. A maior deposição do marcador, independente do espectro de gotas e volume de calda, deu-se na porção superior da planta, que reteve 75,7% da concentração recuperada, seguida pelo terço médio, com a deposição atingindo patamares de 19,4% e do terço inferior, onde a deposição ficou na ordem de 4,9%, não ultrapassando patamares de 0,23 ng/cm² / g/ha.

O percentual de cobertura da superfície foliar apresentou incremento frente a utilização de 140 L/ha e gotas médias, onde a aplicação realizada com o maior volume e tamanho de gotas proporcionou a cobertura de 48,9% ($\pm 5,2$) da superfície foliar da parte superior da planta, chegando a 30,1% ($\pm 7,8$) na porção mediana da planta, ao passo que, nas referidas porções, o emprego de 100 L/ha e gotas finas foi responsável por 33,3% ($\pm 5,2$) e 7,7% ($\pm 1,6$) de cobertura. Na porção inferior da planta, independente do volume de calda e espectro de gotas a cobertura da superfície foliar não ultrapassou 6,3%.

A utilização de 140 L/ha e gotas médias gerou incrementos no percentual de cobertura foliar na ordem de 47,1% e 92,4% na porção superior e mediana da planta, respectivamente, onde a cobertura da porção superior da planta mostrou-se 8,7 vezes maior que a porção inferior, ao passo que, com 100 L de calda/ha e gotas finas, a cobertura da porção superior da planta mostrou-se 5,3 vezes maior que a porção inferior da planta. A redução no volume de calda e no espectro de gotas ocasionou reduções de aproximadamente 77% na comparação do terço superior em relação ao médio, ao passo

que, frente ao maior volume e gotas de maior espectro, a variação observada mostrou-se menos acentuada, ficando na ordem de 38%.

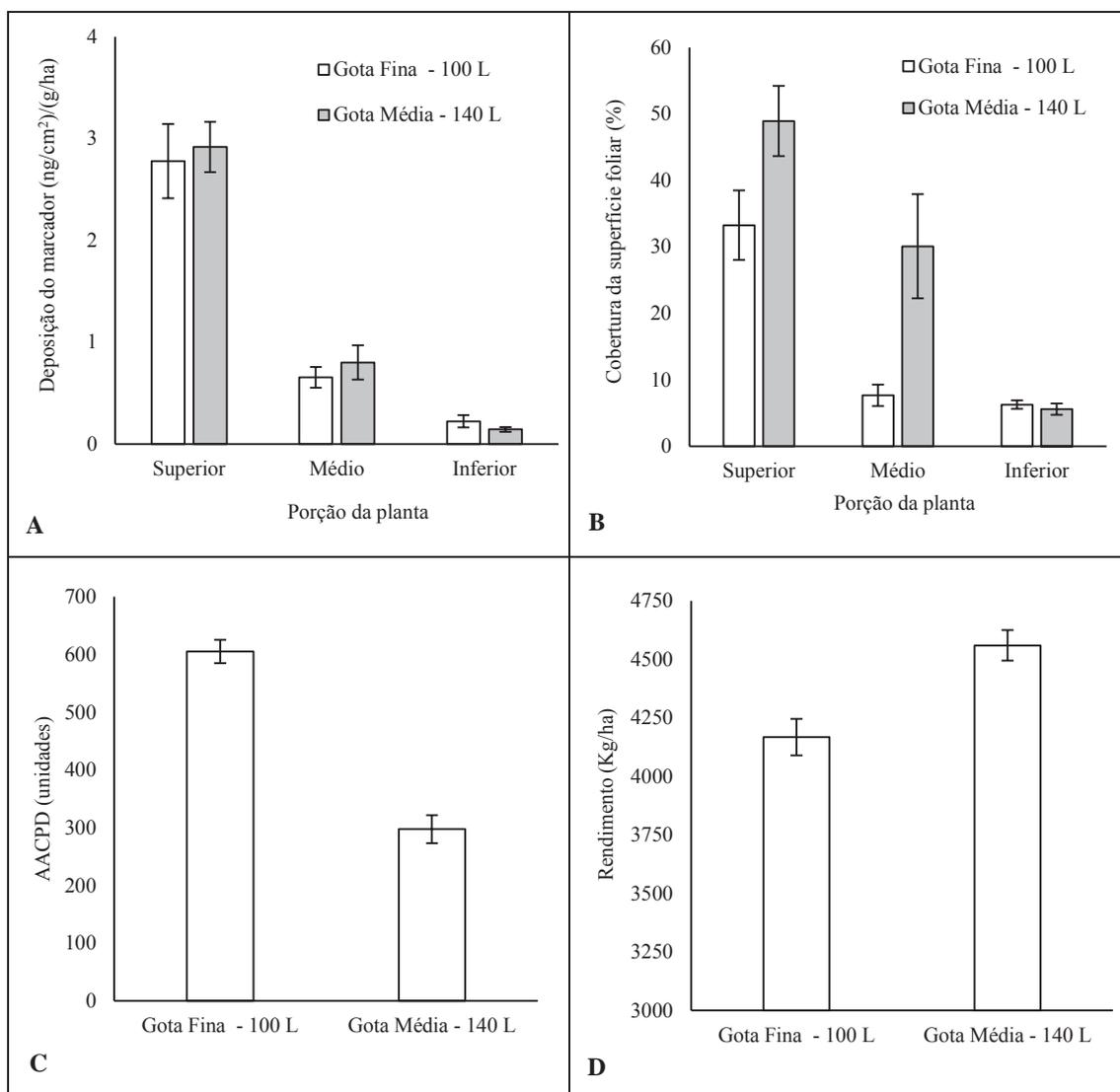


Figura 8 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

A AACPD mostrou variação de aproximadamente 307 unidades, passando de 297,6 unidades ($\pm 24,2$) para 605,3 unidades ($\pm 18,8$), correspondendo ao acréscimo de 2,1 vezes na intensidade de ferrugem asiática, diante do uso de 100 L de calda/ha e gotas finas nas aplicações de fungicidas, refletindo sobre o rendimento de grãos, o qual,

mostrou-se 9,5% maior quando as aplicações dos fungicidas ocorreram com 140 L de calda/ha e gotas médias, chegando a 4.560 kg/ha ($\pm 65,7$).

O experimento 3.5, Figura 9, mostrou significância para a deposição do marcador e cobertura da superfície foliar em todos os terços da planta, bem como para a AACPD e rendimento de grãos. A deposição do marcador foi maior, na porção superior, mediana e inferior, com a utilização de 30 L/ha e gotas finas, proporcionando incrementos na ordem de 72,8% na porção superior, 53,4% na porção mediana e 29,8% na porção inferior da planta, com a concentração chegando a 4,1 ($\pm 0,3$) ng/cm² / g/ha na porção superior, 1,8 ($\pm 0,3$) ng/cm² / g/ha na porção mediana e 0,48 ($\pm 0,09$) ng/cm² / g/ha na porção inferior da planta.

Do montante de marcador que chegou até a planta, com o volume de 30 L/ha e gotas finas obteve-se 66,9% concentrado na porção superior, 25,1% na porção mediana e 8,0% na porção inferior da planta, ao passo que, com 140 L/ha e gotas médias a deposição para as referidas porções atingiu 75,5%, 20,7% e 3,8%, respectivamente.

O volume de 140 L/ha e gotas médias proporcionou incrementos de cobertura em todas as porções da planta, atingindo 3,6 vezes na porção superior, 16,1 vezes na porção mediana e 2,8 vezes na porção inferior da planta, em relação a 30 L/ha e gotas finas. A cobertura da porção inferior alcançou 5,8% ($\pm 0,8$) com a utilização de 140 L/ha e gotas médias, ficando na ordem de 2,0% ($\pm 0,4$) frente a aplicação com 30 L/ha e gotas finas.

A cobertura máxima atingida na porção superior da planta ficou na ordem de 48,9% ($\pm 5,2$), apresentando queda de 33,5% para a porção mediana, ficando na ordem de 32,5% ($\pm 7,8$), empregando 140 L/ha e gotas médias, sendo observada 8,7 vezes a mais de cobertura na porção superior da planta em relação a inferior. O menor volume de calda e menor espectro de gotas apresentou cobertura máxima de 13,4% ($\pm 2,7$) na porção superior da planta, a qual foi reduzida em 84,9% na porção mediana, atingindo 2,1% ($\pm 0,4$), onde a cobertura da porção superior da planta mostrou-se 6,6 vezes maior que a porção inferior.

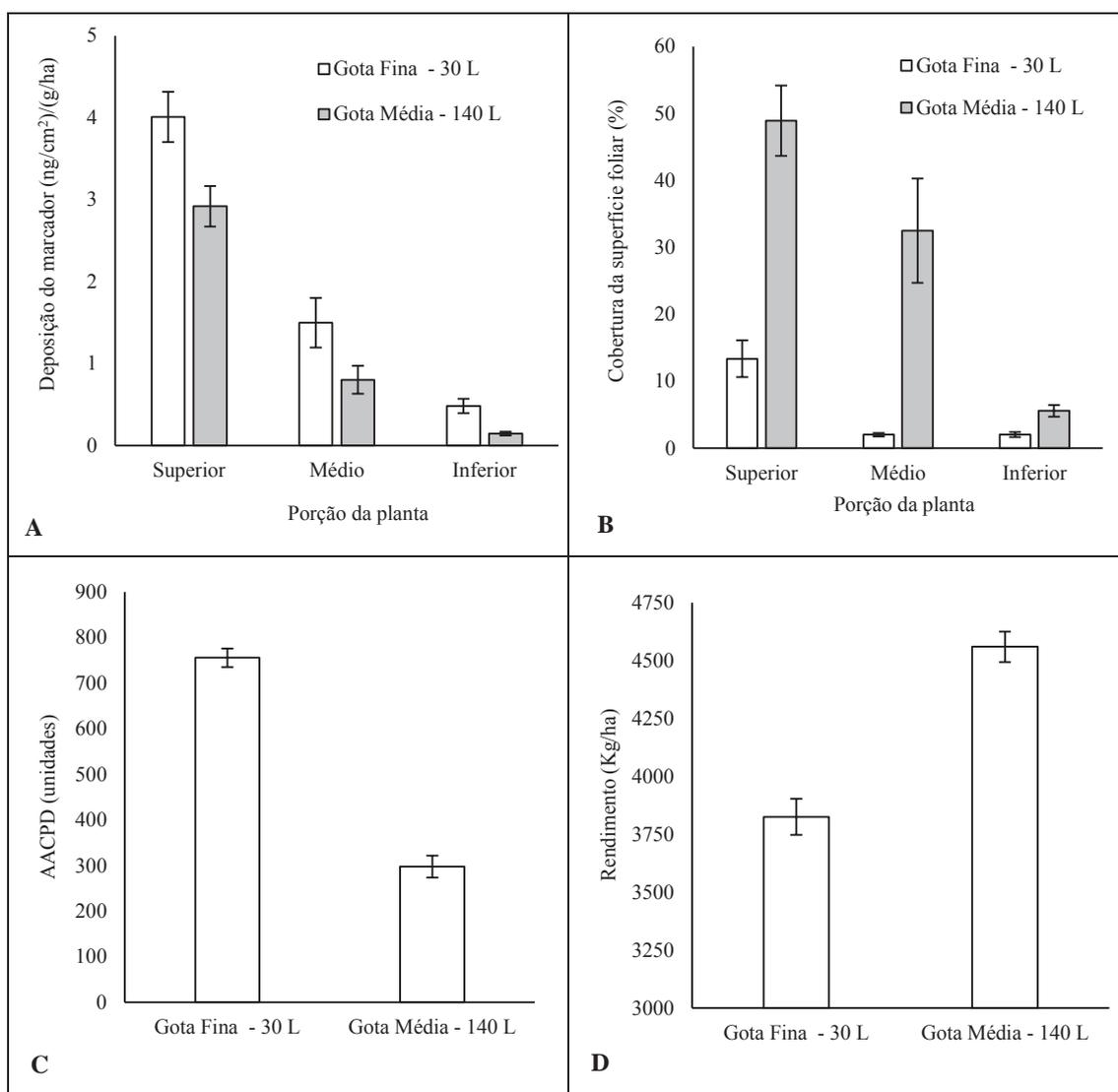


Figura 9 - A) Deposição do marcador ((ng/cm²)/(g/ha)) na porção superior, mediana e inferior da planta; B) Cobertura da superfície foliar (%) na porção superior, mediana e inferior da planta; C) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Unidades); D) Rendimento de grãos (kg/ha).

O comportamento da ferrugem asiática da soja foi influenciado pela qualidade das aplicações dos fungicidas, uma vez que, houve variação de aproximadamente 458 unidade de AACPD, a qual atingiu 755,5 unidades ($\pm 20,3$) para as aplicações realizadas com 30 L/ha e gotas finas e 297,6 unidades ($\pm 24,3$) para as aplicações realizadas com 140 L/ha e gotas médias, originando o aumento de 2,6 vezes na intensidade da doença, frente ao menor volume e menor espectro de gotas.

A AACPD esteve associada ao rendimento de grãos, de forma inversa, uma vez que, o aumento da severidade de ferrugem asiática ocasionou reduções no rendimento de grãos, os quais atingiram 16,1%, sendo reduzido de 4.560 kg/ha ($\pm 77,9$) com as aplicações realizadas com 140 L/ha e gotas médias para 3.825 kg/ha ($\pm 65,7$) com as aplicações realizadas com 30 L/ha e gotas finas.

4.5 Discussão

A deposição da calda aplicada, bem como a cobertura da superfície foliar, na porção superior, mediana e inferior da planta, são influenciadas pelo espectro de gotas, pelo volume de calda e pela combinação entre volume de calda e espectro gotas, tendo relação com a severidade da ferrugem asiática da soja e impactando sobre o rendimento de grãos. Tais comportamentos fundamentam-se na característica de baixa mobilidade dos fungicidas empregados para o manejo da ferrugem asiática da soja, os quais demandam a máxima cobertura da superfície foliar e equivalência na distribuição do ingrediente ativo em todas as porções da planta, obtidos com maior efetividade frente a maiores volumes de calda e espectro de gotas médio.

O depósito do marcador, avaliado entre os estádios R2 e R3, mostrou-se variável diante do ajuste da tecnologia de aplicação, sendo afetado em pelo menos uma das porções da planta, sendo que, observou-se maior deposição do marcador na porção superior, onde na média, 70,3% do montante recuperado esteve depositado nesta região, sendo a faixa de deposição situada entre 60,2% e 76,7%. A recuperação do marcador obtida na porção mediana, ficou na ordem de 21,6%, variando de 10,8% a 31,0%, representando uma queda de aproximadamente 69,3% em relação a porção superior da planta. Na porção inferior, a recuperação média alcançou 8,1%, ficando entre 2,4% e 14,7%, mostrando-se 62,3% menor que a porção média e 88,4% menor que a porção superior da planta.

No que tange o gradiente formado entre os depósitos do marcador, observou-se que na porção superior da planta a concentração obtida foi 3,5 vezes maior que a obtida na porção mediana, com variações entre 1,9 e 7,0 vezes, sendo observado um gradiente

de 3,4 vezes maior na porção mediana em relação a inferior, com amplitude situada entre 0,8 e 9,8 vezes. Ainda, observou-se que a deposição na porção superior da planta foi 11,2 vezes maior em relação a porção inferior, ficando nos patamares de 4,8 a 30,7 vezes.

Os maiores diferenças em termos de deposição do marcador deram-se a medida em que as mudanças no espectro de gotas estiveram associadas a alterações no volume de calda/ha, uma vez que na alteração de apenas um dos fatores, volume de calda ou tamanho de gotas, não observou-se grandes impactos sobre a deposição, a exceção de quando trabalhou-se com gotas finas e pontas cônicas, as quais reduziram a deposição na porção superior e mediana da planta, em relação as pontas de jato plano e gotas médias.

A eficiência da pulverização e aplicação empregando diferentes espectros de gotas é variável, uma vez que a eficiência das gotas geradas em chegar nas camadas inferiores do dossel vegetal depende das características de arquitetura do cultivar utilizado. A arquitetura de plantas de soja, ou seja, o conjunto de características que definem a forma, tamanho, geometria e estrutura da planta, caracterizando sua organização tridimensional, exerce efeito significativo na cobertura da superfície foliar e na penetração de gotas do tratamento fitossanitário, assim quanto maior o índice de área foliar (IAF), maior a dificuldade de penetração da calda aplicada em todo o dossel da planta (DEBORTOLI et al., 2012), logo, as variações entre cultivares de soja, proporcionam barreiras físicas distintas à penetração de gotas no dossel (DEBORTOLI et al., 2012).

Cultivares que possuem maior área foliar e maior número de ramificações laterais permitem mais rapidamente o fechamento das entre linhas, o que gera dificuldade no transporte das gotas para as camadas inferiores do dossel (TORMEN et al., 2012), no entanto a penetração do ingrediente ativo no interior do dossel é condição essencial para o controle eficaz da doença e, à medida que a cultura cresce, atingir as camadas inferiores do dossel se torna cada vez mais difícil (MADALOSSO et al., 2010; DEBORTOLI et al., 2012; TORMEN et al., 2012).

A cobertura da superfície foliar, levando em consideração todos os experimentos, independente do volume de calda/ha e espectro de gotas, alcançou patamares de 50,8%

na porção superior, 26,0% na porção mediana e 8,1% na porção inferior da planta, logo, originando uma redução de 48,9% na passagem do terço superior para o mediano e de 68,9% na comparação da porção mediana com a inferior, onde o terço superior da planta, em relação ao inferior, apresentou cobertura 6,3 vezes maior.

Mantendo-se constante o volume de calda, em 150 L/ha, a alteração no espectro de gotas, passando de médias para finas, reduziu a cobertura da superfície foliar em aproximadamente 25,2% na porção superior, atingindo 35,1% na porção mediana e 62,3% na porção inferior da planta, onde o uso de gotas finas promoveu 23,1 vezes a mais a cobertura da porção superior da planta em relação a inferior, ao passo que, o emprego de gotas de tamanho médio gerou o gradiente de 9,3 vezes.

Na medida em que reduziu-se o volume de calda, no entanto mantendo-se constante o espectro de gotas, trabalhando-se com gotas de tamanho médio, a cobertura foliar na porção superior da planta foi reduzida cerca de 25,2%, chegando a 54,0% na porção mediana e 51,1% na porção inferior da planta, sendo que o uso de maiores volumes de calda contribuíram para reduzir o gradiente de cobertura entre a porção superior e inferior da planta, o qual atingiu 6,2 vezes com a utilização dos maiores volumes e 8,6 vezes, frente aos menores volumes.

A medida em que reduziu-se o volume de calda/ha e o tamanho de gotas, observaram-se variações médias na cobertura da superfície foliar de aproximadamente 52,7%, variando de 30,8% a 88,3% na porção superior, chegando a 68,7% na porção mediana, oscilando entre 39,2% e 93,8%, e atingindo cerca de 61,0%, na porção inferior da planta, com patamares variando de 40,8 a 91,6%. Na média, a relação da cobertura foliar mostrou-se 8,2 vezes maior na porção superior em relação a porção inferior da planta, independente do espectro de gotas e das variações no volume de calda, mostrando a heterogeneidade da distribuição da cobertura, no entanto, com a redução do volume de calda e tamanho de gotas, em alguns casos, a cobertura do terço superior da planta mostrou-se até 18,2 vezes maior, em relação ao terço inferior.

A eficiência da aplicação é determinada pela adequada deposição e distribuição do produto no alvo, assim o tamanho das gotas faz-se de suma importância para a qualidade da pulverização, onde devem-se buscar gotas situadas entre 200 a 300 μm , sendo que gotas menores podem ser usadas, no entanto com muita atenção aos fatores e elementos climáticos bem como empregar dispositivos para minimizar as perdas por deriva, como barras assistidas a ar ou adjuvantes, visando à proteção da gota (OZKAN, 2000).

Ao se utilizar gotas grandes, pode-se reduzir o risco de deriva, entretanto, pode-se também reduzir a eficiência dos produtos, além de prejudicar a distribuição da calda ao longo da planta (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007), no entanto, com o emprego de gotas finas e muito finas, geralmente, pode-se obter melhor cobertura e uniformidade de distribuição da calda, no entanto essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar, uma vez que gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (MURPHY; MILLER; PARKIN, 2000).

Em aplicações com pulverizadores de barra, as gotas iguais ou menores que 50 μm evaporam completamente antes de alcançar o alvo, permitindo que o produto puro se disperse, por sua vez, as gotas maiores que 200 μm não apresentam redução significativa no tamanho antes de alcançar o alvo (OZKAN, 2000; CUNHA; PERES, 2010), ainda, gotas com diâmetro acima de 500 μm têm pouco problema de deriva (CUNHA; PERES, 2010).

A importância do tamanho das gotas está fundamentada na relação entre volume e superfície. Quanto maior a gota, para um determinado volume fixo, menor a sua superfície específica. Na aplicação de agroquímicos, é desejável que se tenham a melhor cobertura possível, o que implica dizer uma menor gota. Porém, gotas pequenas são mais sujeitas a serem carregadas pelo vento e têm vida útil menor (tempo entre o emissor e o alvo), assim o tamanho da gota tem que ser pequeno o suficiente para permitir uma boa cobertura do alvo, mas grande o suficiente para não ser carregada pelo vento e ter

durabilidade suficiente para percorrer a distância entre o ponto de sua emissão e o alvo, em uma dada condição ambiental (CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

O tamanho das gotas e a velocidade do vento são os fatores que mais influenciam a distância da deriva, uma vez que a redução no tamanho das gotas diminui a velocidade de queda, aumentando o tempo gasto para que elas se depositem no alvo, logo tornam-se mais susceptíveis à evaporação e à mudança de trajetória, já que as gotas pequenas apresentam maior relação superfície/peso e menor velocidade terminal, o que aumenta seu potencial de deriva (CUNHA et al., 2008).

Avaliando a penetração de gotas no dossel de soja propiciada por 20 diferentes pontas de pulverização, com espectros de gotas variados (fino, médio e grosso), observou-se que a cobertura no terço inferior que não ultrapassou 10% do tecido, uma vez que a densidade de folhas mostrou-se como o fator que mais influenciou a penetração das gotas (HANNA et al., 2009; WOLF; DAGGUPATI, 2009). Independente do espectro de gotas, apenas o terço superior apresentou a deposição da dose de ingrediente ativo suficiente para proteção adequada das folhas (DEBORTOLI et al., 2012), logo à medida que as plantas crescem, aumenta a concentração das gotas no topo do dossel, e a deposição de gotas frequentemente é maior que a obtida nos terços inferior e médio (NASCIMENTO et al., 2009).

As técnicas de pulverização, através de pontas de energia hidráulica ou centrífugas, utilizadas quase na totalidade dos pulverizadores de barras, nos quais há predominância das pontas de jato plano, pontas de jato cônico e pontas de impacto (MATUO et al., 2010, p. 39; BOLLER; RAETANO, 2011, p. 52), com menores ou maiores volumes de aplicação, oferecem baixa recuperação de depósitos e coberturas nos terços médios e inferiores das plantas de soja, onde a deposição de gotas na porção média e inferior da planta, não ultrapassa a 20% (TORMEN et al., 2012), dessa forma ocasionando baixa eficiência do fungicida, logo baixos níveis de controle de doenças (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010; CUNHA et al., 2011).

A forma como ocorreram as aplicações de fungicidas, reduzindo-se o espectro de gotas, o volume de calda, ou ambos, impactou sobre a AACPD onde, na média dos experimentos, observou-se incrementos de 80,6% sobre esta variável, representado por variações de aproximadamente 337 unidades de AACPD, indicando maior severidade da ferrugem asiática ao longo do ciclo da cultura. A maior severidade, oriunda em especial da deficiência da cobertura da superfície foliar, promovida pela redução do volume de calda aplicado e/ou da redução no espectro de gotas, refletiu sobre o rendimento de grãos, o qual, foi reduzido em aproximadamente 9,0%, onde a queda no rendimento atingiu patamares de 415 kg/ha.

A variação no espectro de gotas, passando de médio para fino, frente a manutenção do volume de calda em 150 L/ha, representou o aumento de 41,6% na AACPD, gerando reduções no rendimento de grãos, que atingiram 7,1%, ao passo que, a manutenção do espectro de gotas médio, frente a alterações no volume de calda/ha, representou incrementos de 62,7% na AACPD, gerando quedas no rendimento que ficaram na ordem de 7,6%. A medida em que houve reduções no volume de calda/ha e no espectro de gotas, de médio para fino, os incrementos na AACPD mostraram-se 103,4% superiores, onde na média observou-se acréscimos de aproximadamente 395 unidades na AACPD, frente as maiores severidades de ferrugem asiática, refletindo diretamente no rendimento de grãos, o qual apresentou o decréscimo de 10,3%, atingindo cerca de 504 kg/ha.

Os danos à produtividade são o reflexo de um conjunto de efeitos que a ferrugem causa sobre a soja, dentre os quais a desfolha precoce, a redução de área foliar e a redução do acúmulo de matéria seca. As restrições na fotossíntese, em especial pela desfolha, podem afetar a disponibilidade de assimilados destinados a semente, reduzindo sua taxa ou duração de enchimento, principalmente pela redução do ciclo da cultura (KUMUDINI et al., 2008). Logo, o seu controle fundamenta-se na preservação da área foliar sadia, uma vez que, quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área, portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na longevidade dos folíolos (FIALLOS; FORCELINI, 2013).

Em muitos casos, gotas de fungicidas sistêmicos precisam permanecer em contato com a folha (alvo) por um período mínimo, para que a planta possa absorver o ingrediente ativo (YU et al., 2009). Neste sentido, gotas pequenas têm tempo de vida (tempo de extinção) muito reduzido, onde ao comparar-se gotas de diferentes DMV, em condições extremas de umidade relativa do ar, observa-se que gotas com DMV de 246 µm evaporam dez vezes mais rápido que gotas com DMV de 800 µm, a 60% de umidade relativa do ar (YU et al., 2009). Assim, se o ingrediente ativo perder seu diluente, há formação de uma partícula minúscula de ingrediente concentrado que não é absorvido e que pode ser removido da superfície foliar (MATTHEWS, 2000).

Uma das principais razões para o controle ineficiente da ferrugem asiática da soja esta associada a aplicação inadequada dos fungicidas (CUNHA et al., 2008), em especial diante da deficiência da cobertura do alvo pela pulverização (BUTZEN et al., 2005). Os fungicidas empregados para o manejo da doença, embora sistêmicos apresentam ação loco-sistêmica, sendo transportados apenas a pequenas distâncias a partir do ponto de deposição (REIS; REIS; CARMONA, 2010, p. 52; REIS; REIS, 2015, p. 42).

Tendo em vista a mobilidade dos fungicidas e a necessidade de cobertura da superfície foliar, o controle de doenças da soja pode ser aumentado com o uso de maiores volumes de calda, mudanças no tamanho das gotas e uso de adjuvantes que aumentem o espalhamento e cobertura da superfície foliar tratada (CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014), baseado na equação de Courshee (1967, p. 243), onde:

$$C = \frac{15 \cdot V \cdot R \cdot K^2}{A \cdot D}$$

Sendo:

C: Cobertura (% da área);

V: Volume de aplicação (L/ha);

R: Taxa de recuperação (% do volume aplicado);

K: fator de espalhamento de gotas;

A: superfície vegetal existente no hectare;

D: diâmetro de gotas

Assim, de acordo com as variáveis contidas na equação, para aumentar a cobertura deve-se aumentar o volume da aplicação (V), uma vez que a taxa de recuperação (R), correspondente à porcentagem do volume aplicado capturado pelo alvo, é dependente de diversos fatores inerentes à tecnologia de aplicação, como momento de aplicação, configuração da máquina e arranjo de plantas. O fator de espalhamento de gotas (K) é uma função quadrática, logo, atua sensivelmente na cobertura, podendo ser maximizado com a utilização de adjuvantes tensoativos à calda, os quais reduzem a tensão superficial da gota, diminuindo o ângulo de contato com a superfície foliar e aumentando a área de contato das gotas com a superfície foliar (AZEVEDO, 2015, p. 70).

Diminuindo-se o denominador (A e/ou D), também se pode aumentar a cobertura, no entanto, o uso de gotas menores tende a aumentar as perdas por deriva. Tendo em vista que no transcorrer do ciclo da cultura ocorre o aumento do IAF, deve-se efetuar ajustes necessários nas outras variáveis da equação, caso contrário a eficácia da aplicação é comprometida (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; AZEVEDO, 2015, p. 74).

As aplicações de fungicida com diferentes volumes de calda podem resultar em diferentes controles da ferrugem asiática, quando realizadas em cultivares com características distintas de arquitetura, frente a deficiências na cobertura da superfície foliar (CUNHA et al., 2008; DEBORTOLI et al., 2012), assim em maiores densidades de folhas, o aumento de volume pode fornecer cobertura e penetração suficientes para proteger o tecido foliar da soja contra o patógeno (BUTZEN et al., 2005). Ainda, a redução da água no interior do tanque para a mesma quantidade de ingrediente ativo causa menor diluição, necessitando maior precisão na pulverização, bem como a redução do volume de calda/ha pode reduzir a eficiência de controle do fungicida e seu residual (CUNHA et al., 2008; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

A redução do volume de calda na aplicação implica no emprego de gotas de espectro menor, buscando-se obter uma adequada cobertura do alvo, no entanto, incrementando os riscos de deriva (RAMOS, 2000; MATUO, 2010, p. 56), logo as taxas de aplicação com volume reduzido, que aparecem como alternativa para o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores, podem afetar negativamente a eficácia de controle em determinadas situações (RAMOS, 2000; CUNHA et al., 2008; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014; PRADO et al., 2015).

Espera-se, em geral, que o incremento do volume de calda aplicado propicie aumento da quantidade de calda retida na planta, no entanto, até certo limite, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer o escoamento, o que não é desejável, pois constitui-se como um fator de perda (CUNHA et al., 2008), uma vez que estima-se que os depósitos da pulverização não aumentam linearmente frente ao aumento de volume, assim independente da modalidade de aplicação e do volume aplicado, não há evidência que justifique aplicações com volumes acima de 140 L/ha (BARBOSA; GRIFFIN; HOLLIER, 2009). Em maiores quantidades de folhas, o aumento de volume de calda pode fornecer cobertura e penetração adequadas para proteger as folhas da soja contra os patógenos (OZKAN et al., 2000; BUTZEN et al., 2005).

4.6 Conclusão

Em conclusão, os dados demonstram que, a deposição da calda aplicada, bem como a cobertura da superfície foliar, na porção superior, mediana e inferior da planta, são influenciadas pelo espectro de gotas, pelo volume de calda e pela combinação entre volume de calda e espectro gotas, tendo relação direta com a severidade da ferrugem asiática da soja e impactando sobre o rendimento de grãos. Tais comportamentos fundamentam-se na característica de baixa mobilidade dos fungicidas empregados para o manejo da ferrugem asiática da soja, os quais necessitam da máxima cobertura da superfície foliar e equivalência na distribuição do ingrediente ativo em todas as porções da planta. Portanto, os maiores volumes de calda (na ordem de 140 L/ha) e o emprego de um espectro de gotas de categoria médio (entre 236 a 340 μm), implicam em ganhos na

deposição de calda e na cobertura da superfície foliar, relacionando-se diretamente com o aumento na eficiência de controle da ferrugem asiática da soja e no rendimento de grãos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os primeiros relatos da utilização de fungicidas na cultura da soja ocorreram a partir da década de 70, onde os resultados das pesquisas demonstraram que a proteção das plantas estava na dependência da distribuição do agroquímico sobre o vegetal, uma vez que a deposição de calda, em sua maioria, ocorria na porção superior da planta, havendo vários limitantes para a penetração das gotas, dentre os quais e de maior importância, a densidade foliar. Assim, as primeiras conclusões obtidas, demonstraram ser inviável, técnica e economicamente a aplicação de fungicidas foliares na cultura da soja, uma vez que poucos ganhos no controle das doenças eram constatados.

Com o crescimento da área cultivada com a oleaginosa ao longo dos anos, as doenças foliares adquiriram maior importância. Em primeiro momento, as manchas foliares, causadas por fungos necrotróficos, impulsionaram os trabalhos relacionados a qualidade de aplicação de fungicidas na cultura, os quais, evoluíram a medida em que a ferrugem asiática da soja foi constatada no Brasil, diante do seu potencial de danos e perdas, uma vez que, o controle químico passou a ser visto como a principal forma de minimizar os impactos causados pela doença.

Em função das características da ferrugem asiática, que normalmente tem seu início na porção inferior da planta, inúmeros estudos envolvendo a tecnologia de aplicação de fungicidas deram-se nas últimas décadas, tendo em vista que o controle da doença, bem como a eficiência do fungicida dependem da forma como o produto é distribuído ao longo da planta, bem como sobre as folhas. Portanto, existindo relação direta com a tecnologia de aplicação envolvida.

Os estudos que relacionam a tecnologia de aplicação com os fungicidas tratam das pontas de pulverização, espectro de gotas, volume de calda, horário de aplicação, potencial de perdas por deriva, deposição de calda, velocidade de aplicação, qualidade da

água, adjuvantes, momentos de aplicação, entre outros, bem como alguns trabalhos buscam entender um pouco mais sobre os aspectos relacionados ao alvo da pulverização, uma vez que, ao longo dos anos de cultivo, as cultivares de soja apresentaram mudança no índice de área foliar, na estatura das plantas, no ciclo, além de características morfológicas diferenciadas, como por exemplo o formato da folha.

Apesar dos inúmeros avanços obtidos através dos anos de pesquisa, a aplicação dos fungicidas ainda apresenta limitações, em especial quanto ao montante de fungicida que atinge o alvo, a distribuição deste ao longo da planta, principalmente a partir do momento em que há o máximo crescimento e desenvolvimento da planta, originando gradientes de deposição, os quais mostram-se até dez vezes maiores na porção superior da planta em relação a inferior, frente a dificuldade na deposição das gotas. Ainda, deficiências de cobertura da superfície foliar são frequentemente observadas, limitando a efetividade do fungicida, uma vez que os grupos químicos utilizados para o manejo da doença apresentam baixa translocação.

O gradiente de distribuição de fungicidas criado na planta, além dos impactos diretos no controle da ferrugem asiática da soja, tem impactos sobre a população do fungo *P. pachyrhizi*. Com base nos resultados obtidos nos experimentos, os quais vão de encontro aos de outros pesquisadores, observa-se que nas aplicações de fungicidas, grande parte do agroquímico permanece na parte superior da planta, enquanto a menor parte alcança a porção inferior do vegetal, ocasionando super e sub dosagem, respectivamente, sendo esta uma das formas de selecionar diferentes populações do fungo, com variações na sensibilidade em relação as moléculas dos fungicidas, explicando, em parte, a resistência de *P. pachyrhizi* aos fungicidas triazóis, estrobilurinas e carboxamidas (GODOY et al., 2016; FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE – FRAC, 2017),

Um dos fatores que mais impacta na qualidade da pulverização relaciona-se ao rendimento operacional requerido dos equipamentos, onde objetiva-se o máximo de área por unidade de tempo. Assim, práticas como o aumento de velocidade, redução do volume de calda, pulverização com condições ambientais inapropriadas, entre outras, tornam-se

recorrentes, comprometendo a atividade de aplicação e o resultado da área tratada, em termos de controle de doenças, bem como no rendimento de grãos.

A redução no volume de calda por unidade de área, além de impactar no controle das doenças, apresenta outras consequências, que vão desde a dificuldade de preparo da calda, uma vez que alguns fungicidas, em especial os multissítios, apresentam doses maiores que os fungicidas tradicionais, tendo impactos também na pulverização propriamente dita, frente ao entupimento das pontas de pulverização e demais constituintes da máquina. Tais fatores, fazem com os multissítios não sejam adotados, logo, uma importante ferramenta deixa de ser incluída no manejo da doença, impactando na pressão de seleção sobre o fungo e nas estratégias que visam minimizar os problemas decorrentes da resistência.

Por fim, visando o manejo da ferrugem asiática da soja, fazem-se necessárias medidas integradas, dentre as quais a devida atenção para a tecnologia de aplicação dos fungicidas, uma vez que a maneira como o produto é aplicado gera impactos na sua eficiência, explicando a grande variação de controle que se observa para um mesmo produto nas diferentes regiões produtoras de soja.

6 CONCLUSÃO GERAL

Em conclusão, nossos dados demonstram que, a cobertura da superfície foliar sofre influência do adjuvante e do volume de calda, o qual impacta no número de gotas/cm², relacionando-se diretamente com a severidade da ferrugem asiática da soja, impactando sobre o índice de área foliar e na produtividade, nos diferentes estratos da planta. Assim, existem respostas positivas no aumento do volume de calda/ha, bem como na utilização do surfactante, o qual adquire maior importância quanto menor o volume de calda utilizado. Ainda, a deposição da calda aplicada, bem como a cobertura da superfície foliar, na porção superior, mediana e inferior da planta, são influenciadas pelo espectro de gotas, pelo volume de calda e pela combinação entre volume de calda e espectro gotas, tendo relação direta com a severidade da ferrugem asiática da soja e impactando sobre o rendimento de grãos. Portanto, os maiores volumes de calda (na ordem de 140 L/ha) e o emprego de um espectro de gotas de categoria médio (entre 236 a 340 µm), implicam em ganhos na deposição de calda e na cobertura da superfície foliar, relacionando-se diretamente com o aumento na eficiência de controle da ferrugem asiática da soja e no rendimento de grãos. Tais comportamentos fundamentam-se na característica de baixa mobilidade dos fungicidas empregados para o manejo da ferrugem asiática da soja, os quais necessitam da máxima cobertura da superfície foliar e equivalência na distribuição do ingrediente ativo em todas as porções da planta, obtidos com maior efetividade frente a maiores volumes de calda e espectro de gotas médio.

REFERÊNCIAS

AGUIAR-JÚNIOR, H. O.; RAETANO, C. G.; PRADO, E. P.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CRISTOVAM, R. S.; GIMENES, M. J. Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 103-109, 2011.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**. 4. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. p. 642-664

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS – ASABE S-572.1. **Droplet Size Classification**. Disponível em: < <https://www.asabe.org/standards/images.aspx>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. In: TOMQUELSKI, G. V. **Publicações Fundação Chapadão: Soja e Milho 2011/2012**. 5 ed. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão, 2012. p. 113-139.

ANTUNIASSI, U. R. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. Botucatu: FCA/UNESP, 2006. 60 p.

ARAÚJO, D.; RAETANO, C. G. Adjuvantes de Produtos Fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011. p. 27-49.

ARAÚJO, M. M.; VELLO, N. A. Characterization of soybean genotypes for Asian soybean rust reaction. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 3, p. 197-203, 2010.

AZEVEDO, L. A. S. **Misturas de tanque de produtos fitossanitários: teoria e prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e Editora, 2015. 230 p.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G.; RIO, A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.

BARBOSA, R. N.; GRIFFIN, J. L.; HOLLIER, C. A. Effect of spray rate and method of application in spray deposition. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 25, n. 2, p.181-184, 2009.

BOLLER, W.; RAETANO, C. G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: BOLLER, W.; ANTUNIASSI, U. R. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. p. 51-82.

BONDE, M. R.; NESTER, S. E.; AUTIN, C. N.; STONE, C. L.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L.; MILES, M. R. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia* isolates. **Plant Disease**, v. 90, n. 6, p. 708-716, 2006.

BOSCHINI, L.; CONTIERO, R. L.; MACEDO JUNIOR, E. K.; GUIMARÃES, V. F. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum**, v. 30, n. 2, p. 171-175, 2008.

BROMFIELD, K. R.; MELCHING, J. S.; KINGSOLVER, C. H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. **Phytopathology**, v. 70, p. 17-21, 2006.

BUTZEN, S.; MARCON, A.; MCINNES, B.; SCHUH, W. Asian soybean rust: fungicide application technology. **Crop Insights**, v. 15, n. 1, p. 1-6, 2005.

CASTRO, M. J. L.; OJEDA, C.; CIRELLI, A. F. Advances in surfactants for agrochemicals. **Environmental Chemistry Letters**, v. 12, n. 1, p. 85-95, 2014.

CÁRCAMO-RODRÍGUEZ, A.; AGUILAR-RÍOS, J; HERNÁNDEZ, J. R. First report of asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* from Mexico. **Plant Disease**, v. 90, n. 9, p. 1260, 2006.

CARVALHO, F. K.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D. Adjuvantes na deposição de aplicações aéreas e terrestres. **Energia na agricultura**, v. 28, n. 4, p. 215-221, 2013.

CARVALHO, W. P. A. Situação atual e perspectivas da aviação agrícola no Brasil e eficácia no controle de doenças. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 9, p. 107-109, 2007.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R. Espectro de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Revista Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 130-142, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Séries Históricas de Área Plantada, Produtividade e Produção**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; YORINORI, J. T. Perda de rendimento de grãos de soja causada por ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 100, p. 134-145, 2002.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.). **Fungicide: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239-286.

CUNHA, J. P. A.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Ceres**, v. 63, n. 6, p. 761-768, 2016.

CUNHA, J. P. A. R.; JULIATTI, F. C.; REIS, E. F. Tecnologia de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 950-957, 2014.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

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**, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; COELHO, L.; ARAÚJO, R. G. C. Spray nozzle and adjuvant effects on fungicidal control of soybean Asian rust. **Interciência**, v. 35, n. 10, p. 765-768, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, R. A. M. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 52-58, 2010.

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

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

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

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

CZACZYK, Z.; KRUGER, G.; HEWITT, A. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, v. 52, n. 4, p. 415-420, 2012.

DEBORTOLI, M. P.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; FÁVERA, D. D.; STEFANELLO, M. T.; PINTO, F. F.; UEBEL, J. D. Efeito dos espectros de gota associados a diferentes arquiteturas de cultivares de soja no controle da ferrugem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 920-927, 2012.

FIALLOS, F. R. G.; FORCELINI, C.A. Controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol + estrobilurina. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 805-815, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> >. Acesso em: fev. 2017.

FORCELINI, C. A. Critérios: preventivo, início da doença e estágio fenológico. In: REIS, E.M. (Org.). **Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e em trigo**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2009. p. 46-53.

FRITZ, B.; HOFFMANN, W.; BAGLEY, W. Effects of spray mixtures on droplet size under aerial application conditions and implications on drift. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, n. 1, p. 21-29, 2010.

FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE – FRAC. Informativo 01/2017: Informação sobre carboxamidas em ferrugem da soja. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/85b1d3_060a6876562140b693f0370805>. Acesso em 16 abr. 2017.

GANDOLFO, M. A.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 1, p. 66-73, 2014.

GENT, D. H.; SCHWARTZ, H. F.; NISSEN, S. J. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. **Plant Disease**, v. 87, p. 591-597, 2003.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D.; SOARES, R. M.; GUIMARÃES, F. C. M.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016.

GODOY, C. G.; 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**, v. 34, n. 1, p. 56-61, 2009.

GODOY, C. V.; SALINET, L. H.; PAZUCH, D.; MARAINI, D. Inibição da fotossíntese em folhas de soja infectadas por *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 211, 2007.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic Scale for Assessment of Soybean Rust Severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

HANNA, H. M.; ROBERTSON, A. E.; CARLTON, W. M.; WOLF, R. E. Nozzle and carrier application effects on control of soybean leaf spot diseases. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 25, n. 1, p. 5-13, 2009.

HARTMAN, G. L.; HAUDENSHIELD, J. S. Movement of *Phakopsora pachyrhizi* (soybean rust) spores by non-conventional means. **European Journal of Plant Pathology**, v. 123, n. 7, p. 225–228, 2009.

HARTMAN, G. L.; MILES, M. R.; FREDERICK, R. D. Breeding for resistance to soybean rust. **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 664-666, 2005.

HENNING, A. A.; GODOY, C. V. Situação da ferrugem da soja no Brasil e no mundo. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). **Ferrugem Asiática da Soja**. Visconde do Rio Branco: Suprem, 2006. p. 1-14.

HILZ, E.; VERMEER, A. W. P. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. **Crop Protection**, v. 44, n. 1, p. 75–83, 2013.

HYMOWITZ, T. **On the domestication of the soybean**. **Economy Botanic**. 4. ed. Illinois: University of Illinois at Urbana-Champaign, 1970. 421 p.

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

KILLGORE, E.; HEU, R. First report of soybean rust in Hawaii. **Plant Disease**, v. 78, p. 1216, 1994.

KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Princípios gerais de controle. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M. BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 307-323.

KUMIDINI, S.; GODOY, C. V.; BOARD, J. E.; OMIELAN, J.; TOLLENAAT, M. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction. **Crop Science**, v. 48, p. 2334-2341, 2008.

LANGENBACH, C.; CAMPE, R.; BEYER, S. F.; MUELLER, A. N.; CONRATH, U. Fighting Asian Soybean Rust. **Plant Science**, v. 7, n. 979, p. 1-14, 2016.

LAPERUTA, L. D. C.; RACHID, B. F.; LIMA, W. F.; ARIAS, C. A. R.; OLIVEIRA, M. F.; TOLEDO, J. F. F. New soybean (*Glycine max* Fabales, Fabaceae) sources of qualitative genetic resistance to Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinales, Phakopsoraceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, p. 505-511, 2008.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide applications methods**. International Pesticide Application Research Centre, 3 ed., Berkshire UK, 2000. 432p.

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**, v. 40, n. 11, p. 2256-2261, 2010.

MASIÁ, G.; CID, R. Las boquillas de pulverización. In: MAGDALENA, J. C.; HERRÁN, C. B.; DI PRINZIO, A.; BANNIISTER, H. I.; VILLALBA, J. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Argentina: INTA Alto Vale, 2010. p. 77-88.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de produtos fitossanitários**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. **Proteção de Plantas: Tecnologia de aplicação dos agroquímicos e equipamentos**. Viçosa: CEAD, 2010. 73p.

MEDICE, R.; ALVES, E.; ASSIS, R. T.; MAGNO JUNIOR, R. G.; LOPES, E. A. G. L. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 83-90, 2007.

MELO, C. L. P.; ROESE, A. D.; GOULART, A. C. P. Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1353-1360, 2013.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 75, n. 2, p. 127-37, 2000.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; SOUZA, C. M. A.; BACCHI, L. M. A.; SERRA, A. P.; ZACCARON, M. L. Pontas de pulverização e horários de aplicação no controle químico de ferrugem asiática da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2037-2048, 2013.

NASCIMENTO, J. M. Associação de adjuvantes à picoxistrobina + ciproconazol no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 3, p. 204-210, 2012.

NASCIMENTO, J. M.; SOUZA, C. M. A.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; FENGLER, G. W. Controle de ferrugem asiática da soja utilizando-se de diferentes pontas de pulverização em Maracaju-MS. **Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v.18, n.1, p.1-6, 2009.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

OZKAN, H. E.; ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; GULER, H.; KRAUSE, C. Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control asian soybean rust. **Aspects of Applied Biology**, v. 77, n. 1, p. 1-8, 2006.

OZKAN, H. E. Shields to reduces spray drift. **Jounal of Agricultural Engineering Research**, v. 67, n. 4, p. 311-322, 2000.

PAULSRUD, B. E.; MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Plant Disease**. n. 1002, v. 6, p. 38, 2005.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F.; COSTA, S. I. A.; CHRISTOVAM, R. S. Taxa de aplicação e uso de surfactante siliconado na deposição da pulverização e controle da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 514-527, 2015.

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

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 1, p. 105-106, 2007.

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

RAMOS, J. P.; DOMINGUES, L. S.; DEBONA, D.; FAVENA, D. D.; MANFIO, A.; LENZ, G.; BALARDIN, R. S. Arranjo populacional no manejo da ferrugem asiática da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 34, p. 49, 2009.

REIS, E. M.; DEUNER, E; ZANATTA, M. In vivo sensitivity reduction of *Phakopsora pachyrhizi* tebuconazol. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 21-24, 2015.

REIS, R. M.; REIS, A. C. **Mancozeb**. 1. ed. Passo Fundo: Berthier, 2015. 80 p.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M.; DANELLI, A. L. D. Ferrugem Asiática. In: REIS, E. M.; CASA, R. T (Orgs). **Doenças da soja**. Passo Fundo: Berthier, 2012. p. 69-101.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; DEUNER, C. Manejo integrado de doenças. In: REIS, E. M.; CASA, R. T. (Orgs). **Doenças da soja**. Passo Fundo: Berthier, 2012. p. 405-433.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas**: guia para o controle químico de doenças de plantas. 6 ed. Passo Fundo: UPF, 2010. 153 p.

REIS, E. M.; BRESSOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. **Doenças da soja**: Ferrugem asiática. Passo Fundo: UPF, 2006. 88 p.

ROSSI, R. L. First report of *Phakopsora pachyrhizi*, the causal organism of soybean rust in the province of Misiones, Argentina. **Plant Disease**, v. 87, n. 1, p. 102-105, 2003.

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

RYTTER, J. L.; DOWLER, W. M.; BROMFIELD, K. R. Additional alternative hosts of *Phakopsora pachyrhizi*, causal agent of soybean rust. **Plant Disease**, v. 68, n. 9, p. 818-819, 1984.

SANTOS, J. A.; JULIATTI, F. C.; SANTOS, V. A. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 443-447, 2007.

SANTOS, O.S. **A cultura da soja – 1**: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. São Paulo: Globo, 1988. 299 p.

SCHNEIDER, R. W.; HOLLIER, C. A.; WHITAM, H. K. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. **Plant Disease**, v. 89, n. 7, p. 774, 2005.

SCHMITZ, H. K.; MEDEIROS, C. A.; CRAIG, I. R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-oxidoreductase-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 70, n. 3, p. 378-388, 2013.

SEIXAS, C. D. S.; GODOY, C. V.; FERREIRA, L. P. Manejo das doenças da soja nas regiões Sul e Sudeste. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 60-61, 2006.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. **Compendium of soybean diseases**. 3 ed. São Paulo: APS Press, 1989. 106 p.

SOARES, R. M.; RUBIN, S. A. L.; WIELEWICKI, A. P.; OZELAME, J. G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

SPANOGHE, P.; SCHAMPHELEIRE, M.; MEEREN, P. V.; STEURBAUT, W. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. **Pest Management Science**, v. 63, n. 4, p. 4-16, 2007.

STEWART, S.; GUILLIN, E. A.; DIAZ, L. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Uruguay. **Plant Disease**, v. 89, n. 8, p. 909, 2005.

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**, v. 16, n. 7, p. 802-808, 2012.

TWIZEYIMANA, M.; OJIAMBO, P. S.; HARTMAN, G. L.; BANDYOPADHYAY, R. Dynamics of soybean rust epidemics in sequential plantings of soybean cultivars in Nigeria. **Plant Disease**, v. 95, n. 7, p. 43-50, 2011.

VAKILI, N. G; BROMFIELD, K. R. *Phakopsora* rust on soybean and other legumes in Puerto Rico. **Plant Disease**, v. 60, n. 12, p. 995-999, 1976.

VILLALBA, J. F.; DAGOBERTO, M.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.

WAGNER, P. Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. **Journal of Experimental Botany**, v. 54. n. 385, p. 1295-1303, 2003.

WANG, C. J.; LIU, Z. Q. Foliar uptake of pesticides – Present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 87, n. 1, p. 1-8, 2007.

WOLF, R. E.; DAGGUPATI, N. P. Nozzle type effect on soybean canopy penetration. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 25, n. 2, p. 23-30, 2009.

YÁÑEZ-MORALES, M. A.; MARTINEZ-ALANIS, I.; SOTO ROCHA, M. J.; MALVICK, D. K.; KURLE, J. E.; FLOYD, C. M.; KRUPA, S. V. Soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* detected in the state of Campeche on the Yucatan Peninsula, Mexico. **Plant Disease**, v. 93, n. 8, p. 847, 2009.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M., FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. L.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 675-677, 2005.

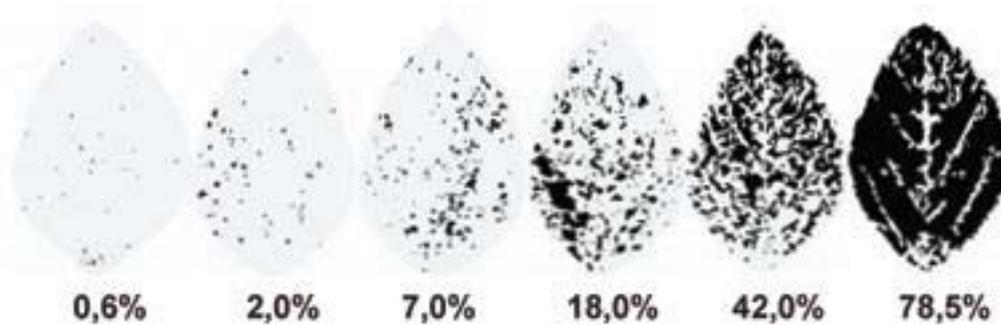
YU, Y.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASABE**, v.52, n. 1, p.39-49, 2009.

ZYL, S. A. V.; BRINK, J.; CALITZ, F. J.; COERTZE, S. FOURIE, P. H. The use of adjuvants to improve spray deposition and *Botrytis cinerea* control on Chardonnay grapevine leaves. **Crop Protection**. v. 29, n. 6, p. 58-67, 2010.

ANEXOS

Anexo I Escala diagramática para a avaliação da severidade da ferrugem asiática da soja
(GODOY et al., 2006).

Escala diagramática para a avaliação da severidade da ferrugem asiática da soja, com base no percentual da área foliar afetado pela doença (GODOY et al., 2006).





PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV