

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CAMPUS ANÁPOLIS CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – HENRIQUE
SANTILLO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Caracterização físico-química, espectro de gotas e deposição de calda de
pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja**

Luana de Lima Lopes

ANÁPOLIS – GO

2018

Caracterização físico-química, espectro de gotas e deposição de calda de pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja

LUANA DE LIMA LOPES

Orientador: Prof. Dr. Elton Fialho dos Reis

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

Anápolis
2018

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

dL864c de Lima Lopes, Luana

Caracterização físico-química, espectro de gotas e deposição de calda de pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja / Luana de Lima Lopes; orientador Elton Fialho dos Reis. -- Anápolis, 2018.
91 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) – Câmpus - Anápolis CET, Universidade Estadual de Goiás, 2018.

1. Ciências Agrárias. 2. Tecnologia de Aplicação. 3. Máquinas Agrícolas. I. Fialho dos Reis, Elton, orient. II. Título.

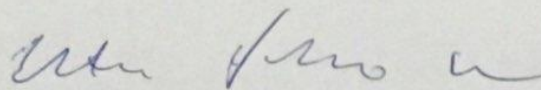
**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, ESPECTRO DE GOTAS E
DEPOSIÇÃO DE CALDA DE PULVERIZAÇÃO COM USO DE ADJUVANTES
NA CULTURA DA SOJA**

Por

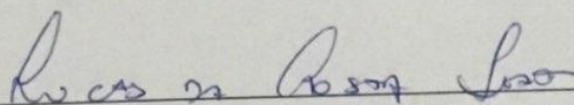
Luana de Lima Lopes

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

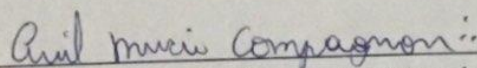
Aprovado em 23/04/2018



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



Dr. Lucas da Costa Santos
Membro
UEG/CCET



Prof. Dr. Ariel Muncio Compagnon
Membro
IF GOIANO/CAMPUS CERES

Aos meus pais, João Lopes e Rosamélia dos Santos Lima Lopes,
e a minha irmã Ludymilla de Lima Lopes
que dignamente me apresentaram à importância da família
e ao caminho da honestidade e persistência.

AGRADECIMENTOS

Ao meu professor e orientador Prof. Dr. Elton Fialho dos Reis pela oportunidade, pela partilha de conhecimento, por esclarecer minhas dúvidas e por ser meu maior incentivador. É um exemplo para mim. Obrigada por tudo.

Ao produtor e ao gerente da Fazenda Barreiro pela disponibilização da área experimental e pelas informações cedidas para realização da pesquisa.

Aos professores do mestrado com quem tive o prazer de conviver. Em especial ao Prof. Dr. André José de Campos, a Prof. Dra. Sueli Martins de Freitas e ao Prof. Dr. Francisco Ramos de Melo, pela transmissão de seus conhecimentos.

Aos meus amigos: Elaine, Hiago, Marcos Paulo, Fernando, Isneider, Anderson, Edmilson, Renato e Mateus, pela amizade e colaboração na pesquisa.

Ao técnico do laboratório de Engenharia Agrícola, seu Waldeir, por todo o auxílio na utilização dos equipamentos.

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante os dois anos de mestrado.

Expresso o meu sentimento com um versículo bíblico. Disse o rei Salomão em provérbios: Porque melhor é a sabedoria do que os rubis; e tudo o que mais se deseja não se pode comparar com ela.

SUMÁRIO

RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Adjuvantes	3
2.2. Propriedades físico-químicas da calda de pulverização	4
2.3. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	4
2.4. Pontas de pulverização	6
2.5. Espectro de gotas	7
2.6. Deposição da calda de pulverização	9
2.7. Cultura da soja	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE CALDAS PARA PULVERIZAÇÃO	19
RESUMO	19
ABSTRACT	20
4.1. INTRODUÇÃO	21
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.2.1. Local do Experimento	23
4.2.2. Delineamento Experimental	23
4.2.3. Caracterização das caldas de pulverização	24
4.2.4. Tensão superficial.....	24
4.2.5. Condutividade Elétrica	25
4.2.6. Potencial hidrogênionico (pH).....	25
4.2.7. Densidade	26
4.2.8. Análise Estatística.....	26
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.3.1. Tensão superficial.....	27
4.3.2. Condutividade Elétrica	28
4.3.3. Densidade	30
4.4. CONCLUSÕES	32
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

CAPÍTULO 2

ESPECTRO DE GOTAS DE CALDAS DE PULVERIZAÇÃO COM DIFERENTES PONTAS E ADJUVANTES UTILIZANDO TÉCNICA DE ANÁLISE DE IMAGENS .36	
RESUMO	36
ABSTRACT	37
5.1. INTRODUÇÃO	38
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	40
5.2.1. Local e do Experimento.....	40
5.2.2. Delineamento Experimental	40
5.2.3. Caracterização das pontas.....	41
5.2.4. Espectro de gotas	41
5.2.5. Análise estatística descritiva.....	42

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.3.1. Espectro de gotas	43
5.4. CONCLUSÕES.....	48
5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

CAPÍTULO 3

ESPECTRO DE GOTAS E DEPOSIÇÃO DE CALDAS COM FUNGICIDAS EM DIFERENTES PONTAS E ADJUVANTES NA CULTURA DA SOJA	52
RESUMO.....	52
ABSTRACT	53
6.1. INTRODUÇÃO	54
6.2. MATERIAL E MÉTODOS	56
6.2.1. Local do Experimento	56
6.2.2. Delineamento Experimental	56
6.2.3. Cultivar	56
6.2.4. Unidade Experimental	56
6.2.5. Caracterização da aplicação.....	57
6.2.6. Características avaliadas em campo	57
6.2.6.1. Depósito do traçador	57
6.2.6.2. Espectro de gotas	59
6.2.7. Análise estatística	59
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
6.3.1. Espectro de gotas	60
6.3.2. Deposição	66
6.3.3. Cobertura	67
6.4. CONCLUSÕES.....	71
6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
7. CONCLUSÕES GERAIS	75
APÊNDICE A – SÍNTESES DE ANÁLISES DE VARIÂNCIA.....	76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1 – Descrição dos adjuvantes e do fungicida utilizado no experimento, conforme a bula dos produtos.....	23
TABELA 2 – Descrição das concentrações dos adjuvantes utilizados.....	24
TABELA 3 – Síntese da análise de variância da tensão superficial (TS), condutividade elétrica (CE), densidade (DS) e pH das caldas de pulverização.....	27
TABELA 4 – Valores médios da tensão superficial (mN m^{-1}) das caldas de pulverização.....	28
TABELA 5 – Valores médios da condutividade elétrica (μS) das caldas de pulverização.....	30
TABELA 6 – Valores médios da densidade (g cm^{-3}) das caldas de pulverização para os diferentes adjuvantes.....	31

CAPÍTULO 2

TABELA 1 – Descrição dos adjuvantes e do fungicida utilizado no experimento, conforme a bula dos produtos.....	41
TABELA 2 – Descrição das concentrações dos adjuvantes utilizados.....	41
TABELA 3 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN); amplitude relativa (AR) e % volume gotas < 100 μm para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes.....	43
TABELA 4 – Médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas de pulverização.....	45
TABELA 5 – Médias da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas das caldas de pulverização.....	46
TABELA 6 – Médias da percentagem do volume de gotas menores que 100 μm , das caldas de pulverização.....	46

CAPÍTULO 3

TABELA 1 – Pontas de pulverização utilizada, modelo e pressão.....	58
TABELA 2 – Médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em μm , das gotas das caldas no terço superior da planta.....	61
TABELA 3 – Média do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em μm , das gotas das caldas no terço médio da planta.....	61
TABELA 4 – Média do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em μm , das gotas das caldas fungicidas no solo abaixo da planta.....	62
TABELA 5 – Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas no terço superior da planta.....	62
TABELA 6 – Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas no terço médio da planta.....	63
TABELA 7 – Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas no solo abaixo da planta.....	63
TABELA 8 – Médias da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas das caldas no terço superior da planta.....	63
TABELA 9 – Médias da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas das caldas no terço médio da planta.....	64
TABELA 10 – Média da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas da calda no solo abaixo da planta.....	64

TABELA 11 – Médias da porcentagem do volume de gotas menores de 100 µm das caldas no terço superior da planta.....	65
TABELA 12 – Média da porcentagem do volume de gotas menores de 100 µm da calda no terço médio da planta.....	65
TABELA 13 – Média da porcentagem do volume de gotas menores de 100 µm da calda no solo abaixo da planta.....	66
TABELA 14 – Médias da deposição, em µL cm ⁻² , das caldas no terço superior da planta.....	66
TABELA 15 – Médias da deposição, em µL cm ⁻² , das caldas no terço médio da planta.....	67
TABELA 16 – Médias da deposição, em µL cm ⁻² , das caldas no solo abaixo da planta.....	67
TABELA 17 – Médias da cobertura, em %, das caldas no terço superior da planta.....	69
TABELA 18 – Médias da cobertura, em %, das caldas no terço médio da planta.....	69
TABELA 19 – Médias da cobertura, em %, das caldas no solo abaixo da planta.....	70

APÊNDICE A – SÍNTESES DE ANÁLISES DE VARIÂNCIA

TABELA 1 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN), amplitude relativa (AR), % volume gotas < 100µm (% Vol < 100 µm), deposição e cobertura no terço superior da planta para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes.....	76
TABELA 2 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN), amplitude relativa (AR), % volume gotas < 100µm, deposição e cobertura no terço médio da planta para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes.....	77
TABELA 3 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN), amplitude relativa (AR), % volume gotas < 100µm, deposição e cobertura no solo abaixo da planta para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes.....	78

Caracterização físico-química, espectro de gotas e deposição de calda de pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja

RESUMO

As pontas de pulverização e as propriedades físico-químicas da calda determinam suas funções e sua interação com o ambiente. Nesse contexto, objetivou-se avaliar as características físico-químicas, espectro de gotas e a deposição da calda de pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja 'Monsoy 7739 IPRO'. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório da Universidade Estadual de Goiás e as de campo em uma lavoura comercial de cultivo de soja no município de Anápolis - GO. O experimento para avaliar as propriedades físico-químicas da calda foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ (adjuvantes x concentrações + testemunha), com quatro repetições. Os tratamentos constituíam de quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]) adicionados à calda combinados com duas concentrações de adjuvante (100 e 150%) e a testemunha (água + fungicida) sem a adição de adjuvante. O experimento para avaliar o espectro de gotas foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial $2 \times 4 \times 2 + 2$ (pontas x adjuvantes x concentrações + testemunhas), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas pontas (CVI 11002 - jato plano padrão e TVI 800075 - jato cônico vazio com indução de ar) e quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]) adicionados à calda combinados com duas concentrações de adjuvante (100 e 150%) e a testemunha (água + fungicida) sem a adição de adjuvante. Para o experimento em campo o delineamento foi conduzido em blocos ao acaso, com esquema fatorial $2 \times 4 \times 2 + 2$ (pontas x adjuvantes x concentrações + testemunhas), com quatro repetições. Os tratamentos foram os mesmos do experimento que avaliou o espectro de gotas em laboratório. Foram avaliadas as seguintes características nos experimentos em laboratório: tensão superficial, densidade, pH e condutividade elétrica da calda, tamanho e uniformidade de gotas; já no experimento em campo foram avaliados o espectro de gotas e a deposição da calda. Os dados originados das análises foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$), e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey ($P < 0,05$). Todas as caldas com adição dos adjuvantes reduziram os valores de tensão superficial, em relação à testemunha (água + fungicida). A ponta de pulverização CVI 11002, nas condições laboratoriais, apresentou DMV adequado para a aplicação de fungicida sistêmico e segurança contra deriva, com gotas de tamanho médio e também apresentou espectro de gotas mais homogêneo. A

adição de adjuvantes não alterou o espectro de gotas. Em campo, a ponta TVI 800075 gerou gotas de menor tamanho e mais uniformes. O aumento da concentração dos adjuvantes à calda não aumentou a deposição, e a calda com o adjuvante Break-Thru[®] aumentou o DMV na parte superior da planta. Os adjuvantes adicionados às caldas melhoraram a cobertura na parte superior da planta.

Palavras-chave: *Glycine Max* (L.) Merrill, tecnologia de aplicação, pontas de pulverização.

Physical-chemical characterization, droplet spectrum and spray liquor deposition with the use of adjuvants in soybean cultivation

ABSTRACT

The spray nozzles and physico-chemical properties of the spray determine their functions and their interaction with the environment. In this context, the objective was to evaluate the physicochemical characteristics, droplet spectrum and spray deposition with the use of adjuvants in the 'Monsoy 7739 IPRO' soybean crop. The laboratory analyzes were carried out in the Laboratoire of the State University of Goiás and the field in a rural area of soybean cultivation in the municipality of Anápolis - GO. The experiment to evaluate the physico-chemical properties of the spray was conducted in a completely randomized design, with a factorial scheme $4 \times 2 + 1$ (adjuvants x concentrations + control), with four replicates. The treatments consisted of four adjuvants (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] and Orix[®]) added to the spray combined with two adjuvant concentrations (100 and 150%) and the control (water + fungicide) without the addition of adjuvant. The experiment to evaluate the droplet spectrum was conducted in a completely randomized design, with a factorial scheme $2 \times 4 \times 2 + 2$ (nozzles x adjuvants x concentrations + controls), with four replicates. The treatments consisted of two nozzles (CVI 11002 - standard flat spray and TVI 800075 - empty air induction conical jet) and four adjuvants (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] and Orix[®]) added to the combined spray with two adjuvant concentrations (100 and 150%) and the control (water + fungicide) without addition of adjuvant, applied with the different nozzles. For the field experiment the design was conducted in randomized blocks, with a factorial scheme $2 \times 4 \times 2 + 2$ (nozzles x adjuvants x concentrations + control), with four replicates. The treatments consisted of two nozzles (CVI 11002 and TVI 800075), four adjuvants (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] and Orix[®]), two adjuvant concentrations (100 and 150%) and control (Water + Fungicide) without the addition of adjuvant, applied with the different nozzles. The following characteristics were evaluated in the laboratory experiments: surface tension, density, pH and electric conductivity of the spray, size and uniformity of droplets. In the field experiment the droplet spectrum, the deposition of the spray. The data originated from the analyzes were submitted to analysis of variance ($P < 0.05$), and when significant, the Tukey test ($P < 0.05$). Statistical analyzes were performed using software R and SISVAR 5.6. All the boills with addition of the adjuvants reduced the values of surface tension, relative to the control (Water + Fungicide). The spray nozzle CVI 11002, under laboratory conditions,

presented DMV suitable for the application of systemic fungicide and safety against drift, with medium droplets and also presented a more homogeneous droplet spectrum. Addition of adjuvants decreased the droplet spectrum and increased droplet homogeneity. Addition of adjuvants did not change the droplet spectrum. In the field, the nozzle TVI 800075 generated droplets of smaller size and more uniform. Increasing the concentration of the adjuvants to the slurry did not increase the deposition and the spray with the Break-Thru[®] adjuvant increased the DMV at the top of the plant. The adjuvants added to the spray improved coverage on the top of the plant.

Keywords: *Glycine Max* (L.) Merrill, application technology, spray nozzles.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) é a cultura agrícola de maior importância econômica no Brasil, que é o segundo maior produtor e maior exportador mundial desta oleaginosa, incorporando nos últimos dez anos uma média de 1,6 milhão de hectares no cultivo. A maior parte dessas novas áreas foram em pastagens degradadas que, em sua maioria, encontra-se no bioma cerrado (CONAB, 2017).

Como as demais culturas, a soja enfrenta problemas fitossanitários que podem comprometer a produtividade, bem como a qualidade final do produto. A Organização Mundial para Alimentação e Agricultura (FAO) considera que os fitopatógenos são responsáveis por 13,3% das perdas na produção agrícola, mostrando a necessidade de aprimoramento do manejo de doenças na cultura.

A cultura é afetada negativamente por diversas doenças de importância econômica, principalmente aquelas causadas por fungos. Em condições climáticas favoráveis, o fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary apresenta o desenvolvimento de um micélio branco com aspecto cotonoso, podendo causar lesões por toda parte da planta da soja, tais como caule, haste, folhas e vagens, dificultando o controle do mofo branco (DU et al., 2014; AMOOZADEH et al., 2015). Com isso, o uso de fungicidas interfere positivamente na lavoura, reduzindo os patógenos, especialmente, quando as condições de umidade do solo e do ar são elevadas, aliadas às temperaturas amenas (VIEIRA et al., 2001; TELÓ et al., 2012).

Na aplicação dos produtos fitossanitários, como o fungicida, devem ser levados em consideração diversos fatores, como o momento certo da aplicação; o uso do produto adequado, responsável pela eficácia do controle; e o uso da máquina correta, em que se tenha alta eficiência da pulverização e a correta deposição de gotas sobre o alvo (MEWES et al., 2011).

O tamanho das gotas é um fator decisivo na deposição, tanto dentro como fora do alvo, por estar relacionado com a perda de fitossanitários para o ambiente (FRITZ et al., 2012; SILVA et al., 2014a) e é influenciada pela adição de adjuvantes na pulverização. Algumas pesquisas demonstram o potencial dos adjuvantes na diminuição do risco de deriva das pulverizações de produtos fitossanitários. Esses insumos alteram as características físico-químicas da calda, como viscosidade e tensão superficial, além de promoverem melhoria no espalhamento da gota, aderência, aumento da absorção do ingrediente ativo, redução de espuma e dispersão da calda de pulverização (CUNHA e PERES, 2010; CHECHETTO et al., 2013).

Esta mistura de adjuvante com defensivos agrícolas pode potencialmente reduzir a quantidade de produtos utilizados na pulverização, devido ao aumento da dispersão de gotículas na superfície das folhas, aumentando a área de deposição por unidade de volume de calda por folhas (GIMENES et al., 2013).

A interação adjuvante e agrotóxico é um processo complexo que envolve muitos aspectos físico-químicos e fisiológicos, que podem variar de acordo com as condições de cada aplicação (RAMSDALE e MESSERSMITH, 2001; STAINIER et al., 2006) e o tipo de cultivar. Dessa forma, é muito importante conhecer as características físico-químicas das caldas, o espectro de gotas e a deposição da calda de pulverização de forma a entender a função de seus componentes, uma vez que existe pouca informação a esse respeito e sobre os fatores que as influenciam (DE SCHAMPHELEIRE et al., 2009).

Considerando a importância da tecnologia de aplicação, este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas, o espectro das gotas e a deposição das caldas de pulverização na cultura da soja “Monsoy 7739 IPRO” em condições de semeadura direta, sendo dividido em três capítulos: o Capítulo 1, “Influência de adjuvantes nas propriedades físico-químicas de caldas de pulverização”, que apresenta o efeito dos diferentes adjuvantes e concentrações desses nas características físico-químicas da calda de pulverização; o Capítulo 2, “Espectro de gotas de diferentes pontas de pulverização e adjuvantes utilizando técnica de análise de imagens”, que apresenta o tamanho e uniformidade das gotas de pulverização a partir da análise das imagens capturadas pela câmera, que faz parte do conjunto de equipamentos do analisador de partículas, no momento da aplicação; e o Capítulo 3, “Espectro de gotas e deposição da calda de pulverização com adjuvantes na cultura da soja”, que apresenta o efeito da adição de adjuvantes ao fungicida na aplicação em campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Adjuvantes

As superfícies das plantas apresentam uma barreira para a penetração de líquidos, denominada cutícula, cujas características variam de espécie para espécie e dependem da idade dos órgãos vegetais e das condições climáticas (QUEIROZ et al., 2008). Para vencer as barreiras das plantas à penetração dos defensivos, são utilizados os adjuvantes, capazes de modificar a atividade dos produtos aplicados e as características da pulverização. Estes produtos podem ser acrescentados à formulação dos produtos fitossanitários pelas empresas fabricantes, ou ser adicionados à calda no momento da pulverização (THEISEN e RUEDELL, 2004).

Adjuvante é qualquer substância que, adicionada durante o processo de formulação do produto fitossanitário ou no preparo da calda, facilita a aplicação, reduz perdas e riscos durante o processo e melhora o desempenho do agente químico de controle (GELMINI et al., 2002).

A sua utilização deve ser vista com cuidado, pois os vários benefícios podem gerar incertezas e discussão, pelo uso de forma errada, pela legislação aplicável, ou até mesmo pela falta de conhecimento da interação entre adjuvantes e os ingredientes ativos (ARAÚJO e RAETANO, 2011).

Os adjuvantes surfactantes que tem uma estrutura molecular que lhe permite reduzir a tensão da superfície dos líquidos, são os mais utilizados, pois atuam no contato entre as gotas e a superfície, aumentando a taxa de absorção devido à redução da característica física da tensão superficial, exercendo um espalhamento mais uniforme, reduzindo a evaporação e aumentando o tempo de retenção da pulverização no alvo (TU e RANDALL, 2003).

Vilela e Antuniassi (2013) constataram que a variação da umidade relativa de 40 a 80% na aplicação não influenciou na deposição do fungicida quando na presença do adjuvante na calda. Costa et al. (2014) observaram que a suscetibilidade à deriva foi menor pela adição de óleo mineral e agente antideriva à calda.

Mota e Antuniassi (2013) verificaram que o uso de adjuvantes elevou o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), durante a pulverização. Entretanto, Cunha et al. (2010a), avaliando o tamanho de gotas com a adição de adjuvantes à calda, constataram redução no tamanho das gotas pulverizadas, o que demonstra que o efeito dos produtos depende de cada formulação, não devendo ser generalizado para todo o tipo de produto.

2.2. Propriedades físico-químicas da calda de pulverização

O uso de adjuvantes à calda de pulverização pode alterar suas características físico-químicas dependendo do tipo e da composição das formulações e a causa mais comum das alterações dos adjuvantes vem da ação sobre a tensão superficial da calda (IOST e RAETANO, 2010; BARRÊTO et al. 2011). A redução da tensão superficial causada pelos adjuvantes diminui o ângulo de contato e, portanto, os fatores de espalhamento e de cobertura superficial das gotas aumentam (BASU et al., 2002).

A tensão superficial e a viscosidade são características físicas das caldas de pulverização, e essas características influenciam diretamente na formação e dispersão da pulverização das caldas e, conseqüentemente, na eficácia do tratamento fitossanitário (CUNHA et al., 2010b; HOFFMAN et al., 2010). Estudos demonstraram que líquidos com tensão superficial de 76 mN m^{-1} não conseguem atravessar os estômatos das folhas e atingir o mesófilo foliar (PRADO et al., 2015).

Outras características influenciadas pelos adjuvantes são o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica. A constante de dissociação de muitas moléculas depende do pH, influenciando na absorção pelos tecidos vegetais da planta (CUNHA et al, 2017).

Para analisar os fenômenos de contato cutícula-líquido ou cutícula-sólido, é crucial considerar a natureza química da superfície da planta e os líquidos ou sólidos depositados sobre ela (FERNÁNDEZ e KHAYET, 2015, NAIRN et al., 2016).

Baio et al. (2015) constataram que todos os adjuvantes adicionados a calda estudados, apresentaram redução da tensão superficial da calda se comparado com a água.

2.3. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

Produtos fitossanitários são substâncias biologicamente ativas em quantidades pequenas, e comumente utilizados no setor agrícola para combater doenças e pragas que acometem as plantas cultivadas. Desta forma, tais produtos auxiliam no aumento da produção agrícola, já que permitem que as plantas desenvolvam seu potencial produtivo, ajudando a suprir a demanda da população (OERKE e DEHNE, 2004). Estima-se que o uso de agroquímicos previne uma perda de até 45% sobre a oferta mundial de alimentos (OERKE, 2006).

A eficiência da tecnologia de aplicação está diretamente ligada à distribuição adequada do produto no alvo, assim como produzir tamanho de gotas que permita eficácia entre cobertura de plantas, penetração no dossel e deposição de gotas nas folhas, com uniformidade (DEBORTOLI et al., 2012).

A deposição adequada em todo o dossel de acordo com as especificações do tratamento é o objetivo e um grande desafio da aplicação de produtos fitossanitários. Uma aplicação altamente eficaz pode simultaneamente aumentar os benefícios dos produtos de proteção de plantas, reduzir o risco de contaminação ambiental e produzir alimentos de maior qualidade em uma agricultura mais sustentável. Neste contexto, a deriva continua a ser um grande desafio ao aplicar produtos agroquímicos porque os produtos depositados em áreas indesejáveis podem representar riscos tanto para o ambiente como para o operador (NUYTTENS et al., 2007a).

Parte da deriva é depositada no solo ou na água que rodeia a área cultivada (deriva de sedimentação) e uma parte também viaja a certas distâncias através das camadas de ar mais baixas da atmosfera (deriva de pulverização no ar) e camadas de ar superiores da atmosfera que podem se depositar em distâncias maiores, por exemplo, acima de 100 Km (deriva atmosférica). Outra fração pode acabar como deposição por pulverização no solo, embaixo do dossel das plantas alvo ou indiretamente nos caminhos adjacentes. Todas essas perdas podem contaminar o ambiente (ar, solo, água, outras culturas, construções próximas, etc.) afetando a fauna, a flora e as pessoas (operadores de pulverizadores, pessoas presentes e moradores) (GARCERÁ et al. 2017).

A conscientização sobre os riscos de deriva quando operando com produtos químicos agrícolas é, portanto, essencial para minimizar a contaminação fora do alvo e, ao mesmo tempo, beneficiar plenamente da eficácia do produto (HILZ e VERMEER, 2013).

A aplicação em culturas engloba muitos fatores, o que pode afetar a deriva da pulverização. Esses fatores estão relacionados à estrutura das plantas (espaçamento em linha e entre linha, arquitetura de dossel, folhagem, penetrabilidade do dossel), as pontas (espectro de gotas), o pulverizador (características do mesmo e a distribuição da calda), às condições de operação (taxa de volume da calda, taxa de fluxo de ar, velocidade de avanço, etc.), às propriedades da calda de pulverização (pH, condutividade elétrica, tensão superficial e homogeneidade) e às condições climáticas (velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa). Esses fatores devem ser analisados para se efetuar a aplicação (HOLTZ et al. 2014).

Para Cunha et al. (2005) além de conhecer o produto a ser aplicado, também deve-se dominar a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. Portanto, quanto mais eficiente à aplicação, menor é a quantidade de produto que atinge outros alvos, mais eficiente é o controle das pragas e doenças, logo, menor é o número de aplicações necessárias e considerável economia com o uso de insumos (BAESSO et al., 2014).

Segundo Raetano (2011), na maioria dos casos, devem ser evitadas aplicações com umidade relativa do ar inferior a 55% e temperatura ambiente maior que 30°C, e que, o ideal é que as aplicações sejam realizadas com velocidade do vento entre 3 e 7 km h⁻¹. Ausência de vento pode ser prejudicial, em função da chance de ocorrer ar aquecido ascendente, dificultando a deposição das gotas pequenas. Muitas vezes, entretanto, parte do produto aplicado se perde no ambiente, principalmente devido à falta de conhecimento sobre as condições climáticas ideais para aplicação (SILVA et al., 2016).

Portanto, o desenvolvimento de novas tecnologias de aplicação de agrotóxicos visa à redução da contaminação ambiental, da deriva, do volume de calda, com aumento da segurança do aplicador e melhoria da deposição da calda, para melhor qualidade da aplicação (BAESSO et al., 2014).

2.4. Pontas de pulverização

A seleção das pontas de pulverização é uma das maneiras de se obter maior cobertura e deposição do ingrediente ativo sobre o alvo biológico (TORMEN et al., 2012). Podem ser consideradas um dos componentes mais importantes dos equipamentos para aplicação de produtos fitossanitários. Uma escolha bem feita pode garantir a eficiência da aplicação, bem como a eficácia do produto (SASAKI et al., 2016).

As pontas de jato cônico vazio produzem, em geral, gotas finas, devido à turbulência causada pelo formato de seus orifícios, que facilitam a penetração das gotas no dossel das plantas (ZHU et al., 2004). No entanto, quando há presença de gotas finas em uma aplicação, há risco de contaminação ambiental e humana em função da deriva e, por isso, têm-se buscado alternativas que minimizem tais problemas (STAINIER et al., 2006; NUYTENS et al., 2007b).

Já as pontas de jato plano conferem maior uniformidade de distribuição, devido ao formato do jato (RUAS, 2011). Porém, as pontas de jato plano tendem a produzir gotas mais grossas devido a operar com pressões menores, se comparadas com pontas de jato cônico,

reduzindo a perda por deriva e evaporação. Contudo, possuem dificuldade de penetração no dossel inferior da cultura e riscos de escorrimento, podendo comprometer a cobertura das plantas.

As pontas com indução de ar utilizam o princípio de Venturi, promovendo a mistura de ar com o líquido de pulverização de modo que as gotas produzidas são maiores do que aquelas obtidas com pontas convencionais de mesma vazão (BOLLER e RAETANO, 2011), devido à presença de ar em seu interior, tendo-se uma menor interferência das condições meteorológicas (BAUER et al., 2006).

Rodrigues et al. (2010) constataram que a ponta que proporcionou maiores depósitos em plantas de feijão foi a ponta tipo leque plano simples, comparada às de jato plano duplo e cone vazio. Maciel et al. (2017) verificaram que a ponta LD 11002, tipo jato plano, produziu gotas médias nas pressões de 100 e 200 kPa e gotas finas nas pressões de 300 e 400 kPa, ou seja, o aumento da pressão diminuiu o tamanho das gotas.

As pontas constituem, então, uma importância significativa na pulverização onde cada aplicação requer determinado tipo de ponta que se adapte melhor às condições e características de interesse.

2.5. Espectro de gotas

As gotas produzidas pelas pontas de pulverização apresentam vários tamanhos, formando um espectro de gotas que é quantificado através de um conjunto de parâmetros como a Amplitude Relativa (AR), o diâmetro mediano numérico (DMN), o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentagem do volume pulverizado com gotas com diâmetros menores que 100 μm (FERREIRA et al., 2011).

O DMV é o diâmetro de gotas que divide em duas partes a massa de gotas pulverizadas, sendo a soma da parte das gotas maiores iguais à soma da parte das gotas menores (ANTUNIASSI e BAIO, 2008). O DMN é o diâmetro de gota que divide a massa de gotas em duas partes, sendo que 50% das gotas (em número) tem diâmetro maior que o DMN e 50% (em número) têm diâmetro menor que o DMN. Neste caso, de maneira análoga ao DMV, a tendência é que o DMN seja influenciado pelas gotas menores, induzindo a um menor valor para o DMN. Como ambos parâmetros acabam sendo muito influenciados pela proporção de gotas grandes e pequenas, a relação entre estes fatores fornece um bom

parâmetro para se analisar a homogeneidade do espectro de gotas produzidas (CHECHETTO e ANTUNIASSI, 2012).

O tamanho das gotas é modificado pelo modelo da ponta, da alteração da pressão de trabalho pelo uso de uma mesma ponta ou mesmo pela adição de adjuvantes à calda aplicada, em que, o tamanho das gotas influencia a capacidade da pulverização em cobrir o alvo e penetrar na massa das folhas (BAIO et al., 2015).

É de fundamental importância fazer a seleção do tamanho das gotas para garantir a eficiência da aplicação. Se as gotas são pequenas, conseguem-se maior cobertura superficial e melhor uniformidade de distribuição da calda, mas elas podem se evaporar em baixa umidade relativa, ou ser levadas pela corrente de ar. Se são gotas grandes, podem escorrer da superfície da folha, antes mesmo de o produto ser absorvido pelo alvo (BAESSO et al., 2014).

Na busca de melhores rendimentos operacionais e diminuição da quantidade de água utilizada na pulverização, a estratégia de reduzir o tamanho das gotas é a mais adotada. O inconveniente desta escolha é a vulnerabilidade deste espectro a condições ambientais adversas, sujeito a rápida evaporação e deriva (GANDOLFO et al., 2013).

A avaliação do espectro de gotas na aplicação de agrotóxicos é importante, pois, dependendo do alvo a ser controlado, exigirá gotas de maior ou menor diâmetro, no qual, o modelo da ponta irá interferir, à distância em relação ao alvo, à pressão de trabalho, o ângulo de pulverização, e quanto ao tipo de produto utilizado (CÂMARA et al., 2008).

Debortoli et al. (2012) destacam que o espectro de gotas finas ou muito finas resultaram em uma maior deposição do produto sobre o alvo desejado, quando comparado com espectros de gotas médias a grossas. Lenz et al. (2012) constataram maior eficácia de controle e velocidade de absorção de fungicidas quando utilizaram gotas de menor tamanho.

Existem diferentes equipamentos utilizados para mensurar os diferentes tamanhos de gotas, como através de difração do raio laser, sondas ópticas e sistemas de análise de imagens. Esse último faz as análises através da captura de imagens em tempo real obtidas durante a pulverização, método utilizado por Carvalho (2016) e Moreira (2016). Todos esses métodos avaliam as gotas no ar e em fluxo (em voo), no trajeto que ela percorre ao longo da pulverização. Ou ainda, por meio das etiquetas amostradoras, em que, as etiquetas devem ser afixadas nas posições em que se deseja analisar o espectro das gotas, considerando-as em percentagem de volume ou número de gotas. Após a pulverização, cada grupo de etiquetas do mesmo tratamento deve ser devidamente identificado, fotografado ou escaneado, para posterior processamento das imagens (BAESSO et al., 2014).

2.6. Deposição da calda de pulverização

As avaliações da deposição de calda são empregadas nas pesquisas de tecnologia de aplicação, como instrumento para desenvolver e melhorar técnicas de aplicação de defensivos (PALLADINI, 2000). De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas, sobretudo, devido ao efeito “guarda-chuva” proporcionado pelas partes mais altas de algumas espécies de plantas. No caso de fungicidas, esta desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle das doenças, que começam suas infestações pelas folhas mais baixas da planta até atingir a planta inteira. Sendo assim, torna-se indispensável conhecer o perfil de penetração das gotas produzidas pelas pontas hidráulicas no dossel da lavoura, a fim de ultrapassar essa barreira e atingir também as partes inferiores das plantas (CHAIM et al., 1999; GODOY, 2004; REIS et al., 2012; SILVA et al., 2014b).

A deposição das gotas sobre o alvo a ser controlado é complexa e pode afetar sobremaneira a eficácia dos tratamentos. A interação entre os parâmetros da aplicação como, por exemplo, tamanho das gotas produzidas, a sua distribuição pelo alvo e a cobertura proporcionada pela aplicação, são fatores que podem ter influência no controle, dependendo do tipo de produto utilizado e das características físico-químicas do alvo (RUAS et al., 2011).

O depósito das gotas no alvo também é considerado uma característica essencial a ser vista em uma pulverização agrícola, sendo associados à eficácia do agrotóxico; pois, relacionada com o espalhamento e a evaporação das gotas aplicadas, podendo ser reduzida se o ingrediente ativo não se espalhar de forma uniforme sobre o alvo; ao impacto gerado no meio ambiente e ao desperdício de ingrediente ativo (CÂMARA et al., 2008; CUNHA et al., 2010a; XU et al., 2010; CAVALIERI, 2013).

A deposição de calda de maneira eficiente, segura e econômica nas aplicações hidráulicas só é possível quando se dispõe de pontas que produzem distribuição de calda homogênea e gotas de tamanho e número adequados (NUYTTENS et al., 2007b; CUNHA e SILVA, 2010).

Palladini et al. (2005), afirmam que métodos que permitem a determinação simultânea de distribuição e quantidade de depósitos de pulverização, são as melhores ferramentas para avaliar a eficiência dos tratamentos fitossanitários. O uso de substâncias traçadoras vem se tornando uma técnica bastante eficiente e econômica para se avaliar a distribuição e deposição de pulverizações nos mais variados tipos de alvos (TOKURA et al., 2013). Velini (2004) corrobora afirmando que o uso de traçadores é viável após a comprovação de que o mesmo não está sujeito à absorção e a degradação em condições de campo. Também é importante que

as características físico-químicas da calda contendo o corante sejam similares às dos produtos fitossanitários.

2.7. Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é originária do continente Asiático e durante anos, passou por processo de melhoramento e expansão sendo hoje de extrema importância no agronegócio mundial, além de indispensável fonte de matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais (VAL et al., 2014). No Brasil, sua introdução ocorreu através dos Estados Unidos, por Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, que realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares, sendo considerada esta a referência mais antiga encontrada na literatura (EMBRAPA, 2011).

A importância econômica da cultura da soja nas exportações torna-a uma das principais *commodities* da agricultura brasileira. A área plantada da oleaginosa na safra 2016/17 cresceu 2%, saindo de 33.251,9 mil hectares na safra 2015/16, para 33.914,9 mil na safra 2016/17, e a produção avançou de 95.434,6 mil para 114.095,8 mil toneladas, respectivamente. A região Centro-Oeste é a principal produtora da oleaginosa, com 50.149,9 mil toneladas (CONAB, 2017).

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

Segundo Farias et al. (2009), a soja tem melhor adaptação nas regiões onde as temperaturas oscilem entre 20°C e 30°C. A soja tem seu desenvolvimento comprometido quando a temperatura está abaixo dos 20°C. Já as temperaturas menores ou iguais a 10°C são impróprias para o cultivo.

A cultura da soja direciona-se para a produção de grãos, os quais exibem elevados teores de óleo (20%) e de proteína (40%), importantes para a alimentação humana, e ainda apresentam diversas propriedades funcionais, com destaque para as isoflavonas, em especial a genisteína, que possui potencial efeito inibidor do crescimento de células e de várias enzimas

envolvidas em processos de carcinogênese (SEDIYAMA et al. 2009; OLIVEIRA et al., 2013).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMOOZADEH, M.; DARVISHZADEH, R.; DAVAR, R.; MANDOULAKANI, B.A.; HADDADI, P.; BASIRNIA, A. Quantitative trait loci associated with isolate specific and isolate non-specific partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in sunflower. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v.17, n.1, p.213-226, 2015.

ANTUNIASSI, U.R.; BAILO, F.H.R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p.174-175.

ARAÚJO, D.; RAETANO, C.G. Adjuvantes de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 1.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011. p.27-46.

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

BAESSO, M.M.; TEIXEIRA, M.M.; RUAS, R.A.A.; BAESSO, R.C.E. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.7, p.780-785, 2014.

BAILO, F.H.R.; GABRIEL, R.R.F.; CAMOLESE, H.S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v.9, n.2, p.151-161, 2015.

BARRÊTO, A.F.; COSTA, L.L.; JANINI, J.C.; FERREIRA, M.C.; ROMANI, G.N. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas produzidas por pontas de pulverização com indução de ar, na aplicação de herbicida com e sem adjuvantes. **Boletín de Sanidad Vegetal**, Plagas, v.37, n.2, p.281-289, 2011.

BASU, S.; LUTHRA, J.; NIGAM K.D. The effect of surfactants on adhesion, spreading, and retention of herbicide droplet on the surface of the leaves and seeds. **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, Nova York, v.37, n.4, p.331-344, 2002.

BAUER, F.C.; RAETANO, C.G.; PEREIRA, F.A.R. Padrões de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano 11002, com e sem indução de ar, sob diferentes espaçamentos e alturas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.546-551, 2006.

BOLLER, W.; RAETANO, C.G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagem e calibração de pulverizadores de barra. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. p.51-80.

CÂMARA, F.T.; SANTOS, J.L.; SILVA, E.A; FERREIRA, M.C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.740-749, 2008.

CARVALHO, F.K. **Viscosidade, tensão superficial e tamanho de gotas em caldas com formulações de inseticida e fungicida**. 2016. 64p. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CAVALIERI, J.D. **Pontas e velocidade de deslocamento na deposição de gotas da pulverização na cultura do algodão**. 2013, 73p. (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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

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

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**, Londrina, v.34, n.1, p.37-46, 2013.

CONAB – Conselho Nacional de Abastecimento. **A produtividade da soja: Análise e perspectivas**. Compêndio de estudos Conab. Brasília, v.10, p.1-34, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_02_14_27_28_10_compendio_de_estudos_conab_a_produtividade_da_soja_-_analise_e_perspectivas_-_volume_10_2017.pdf>. Acesso em: 15 Jan. 2018.

COSTA, A.G.F.; VELINI, E.D.; ROSSI, C.V.S.; CORRÊA, M.R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M.V.; SIONO, L.M. Adjuvantes na deriva de 2,4-D + glyphosate em condições de campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.387-392, 2014.

CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.A.; MARQUES, R.S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.48, n.2, p.261-270, 2017.

CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.S.; REIS, E.F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvante de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.3, p.665-672, 2010b.

CUNHA, J.P.A.R.; BUENO, M.R.; FERREIRA, M.C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, Número Especial, p.1153-1158, 2010a.

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

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1069-1074, 2005.

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**, Uberlândia, v.26, n.1, p.52-58, 2010.

DE SCHAMPHELEIRE, M.; NUYTENS, D.; BAETENS, K.; CORNELIS, W.; GABRIELS, D.; SPANOGHE, P. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v.10, n.5, p.409-420, 2009.

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

DU, C.; LIN, J.; YANG, Y.; LIU, H.; LI, C.; ZHOU, Y.; LI, Y.; TANG, D.; ZHAO, X.; ZHU, Y.; LIU, X. Molecular cloning, characterization and function analysis of a GDH gene from *Sclerotinia sclerotiorum* in rice. **Molecular Biology Reports**, Dordrecht, v.41, n.6, p.3683-3693, 2014.

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

FARIAS, J.R.B; NEUMAIER, N; NEPOMUCENO, A.L. Soja. **Agrometeorologia dos cultivos**. INMET, Brasília DF, p.263-277, 2009.

FERNÁNDEZ, V.; KHAYET, M. Evaluation of the surface free energy of plant surfaces: toward standardizing the procedure. **Frontiers in Plant Science**, Melbourne, v.6, n.510, p.1-11, 2015.

FERREIRA, M.C.; LOHMANN, T.R.; CAMPOS, A.P.; VIEL, S.R.; FIGUEIREDO, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta daninha**, Viçosa, v.29, n.3, p.697-705, 2011.

FRITZ, B.K.; HOFFMANN, W.C.; CZACZYK, Z.; BAGLEY, W.; KRUGER, G.; HENRY, R. Measurement and classification methods using the ASAE S572.1 reference nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, Poznań, v.52, n.4, p.447-457, 2012.

GANDOLFO, M.A.; CHECHETTO, R.G.; CARVALHO, F.K.; GANDOLFO, U.D.; MORAES, E.D. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.44, n.3, p.474-480, 2013.

GARCERÁ, C.; MOLTÓ, E.; CHUECA, P. Spray pesticide applications in Mediterranean citrus orchards: Canopy deposition and off-target losses. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.599, n.1, p.1344-1362, 2017.

GELMINI, G.A.; PELEGRINETTI, J.R.; CASTANEIRA, L.C. **Agrotóxicos e afins** – Coletânea da legislação. Tomo IV. Campinas: Coordenadoria de Defesa Agropecuária, 2002. 126p.

- GIMENES, M.J.; ZHU, H.; C.G. RAETANO, C.G.; OLIVEIRA, R.B. Dispersion and evaporation of droplets amended with adjuvants on soybeans. **Crop Protection**, Amsterdam, v.44, n.2, p.84-90, 2013.
- GODOY, C.V. Aspectos técnicos de controle da ferrugem da soja. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.14, n.84, p.18-21, 2004.
- HILZ, E.; VERMEER, A.W.P. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. **Crop Protection**, London, v.44, n.1, p.75-83, 2013.
- HOFFMANN, W.C.; FRITZ, B.K.; THORNBURG, J.W.; BAGLEY, W.E.; BIRCHFIELD, N.B.; ELLENBERGER, J. Spray Drift Reduction Evaluations of Spray Nozzles Using a Standardized Testing Protocol. **Journal of ASTM International**, West Conshohocken, v.7, n.8, p.26-29, 2010.
- HOLTZ, V.; COUTO, R.F.; OLIVEIRA, D.G.; REIS, E.F. Deposition of spray solution and productivity of soybean cultivated in different spatial arrangements. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.8, p.1371-1376, 2014.
- 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.
- LENZ, G.; BALARDIN, R.S.; MINUZZI, S.G.; MADALOSSO, M.; DEBORTOLI, M.; GULART, C.; RAMOS, J.P. Espectro de gotas e idade de trifólios e sua interação com a área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1528-1534, 2012.
- MACIEL, C.F.S.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C.; VITÓRIA, E.L.; CECON, P.R. Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 e MAG-2. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.25, n.3, p.183-199, 2017.
- MEWES, W.L.C.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C.; CECON, P.R.; ALVARENGA, C.B. Deposiçã de calda em eucalipto, utilizando pulverização pneumática. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.2, p.283-288, 2011.
- MOREIRA, C.A.F. **Espectro de gotas e deriva de diferentes formulações de 2,4-D e Glyphosate com pontas sem e com indução de ar**. 2016. 63p. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.
- MOTA, A.A.B.; ANTUNIASSI, U.R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.1, p.1-5, 2013.
- NAIRN, J.J.; FORSTER, W.A.; VAN LEEUWEN, R.M. Effect of solution and leaf surface polarity on droplet spread area and contact angle. **Pest Management Science**, London, v.72, n.3, p.551-557, 2016.
- NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, Silsoe, v.97, n.3, p.333-345, 2007b.

- NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M.; BAETENS, K.; SONCK, B. The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayers. **Transactions of the ASABE**, Michigan, v.50, n.4, p.1129-1140, 2007a.
- OERKE, E.C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.144, n.1, p.31-43, 2006.
- OERKE, E.C.; DEHNE, H.W. Safeguarding production: Losses in major crops and the role of crop protection. **Crop Protection**, London, v.23, n.4, p.275-285, 2004.
- OLIVEIRA, R.C.T.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, H.A.; NOGUEIRA, A.P.O. Composição Química. In: SEDIYAMA, T. (ed). **Tecnologia de produção de sementes de soja**. Editora Mecenas, Londrina, 2013, p.73-87.
- PALLADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111p. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- PALLADINI, L.A.; RAETANO, C.G.; VELINI, E.D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.440-445, 2005.
- PRADO, E.P.; RAETANO, C.G.; DAL POGETTO, M.H.F.A.; 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. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.514-527, 2015.
- QUEIROZ, A.A.; MARTINS, J.A.S.; CUNHA, J.P.A.R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.4, p.8-19, 2008.
- RAETANO, C.G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (Org.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 1.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte/FEPAF, 2011. p.15-26.
- RAMSDALE, B.K.; MESSERSMITH, C.G. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. **Weed Technology**, Champaign, v.15, n.3, p.485-491, 2001.
- REIS, E.F.; QUEIROZ, D.M.; CUNHA, J.P.A.R. Dependência espacial da deposição de calda promovida por uma aplicação aérea na cultura da soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.3, p.79-85, 2012.
- RODRIGUES, A.C.P.; MARTINS, D.; COSTA, N.V.; CARDOSO, L.A.; DOMINGOS, V.D. Variáveis qualitativas da pulverização em feijão, *Bidens pilosa* e *Brachiaria plantaginea*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.698-707, 2010.
- RUAS, R.A.A. **Apostila de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**. Rio Paranaíba: Universidade Federal de Viçosa, 2011, 143p.

RUAS, R.A.A.; TEIXEIRA, M.M.; SILVA, A.A.; FERNANDES, H.C.; VIEIRA, R.F. Estimativa de parâmetros técnicos da tecnologia de aplicação do glyphosate no controle de *Brachiaria decumbens*. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.3, p.299-304, 2011.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M.M.; MACIEL, C.F.S.; ALVARENGA, C.B.; FORASTIERE, P.R. espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.24, n.3, p.211-218, 2016.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. Origem, Evolução e Importância Econômica. In: SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. p.1-5.

SILVA, B.M.; RUAS, R.A.A.; SICHOCKI, D.; DEZORDI, L.R.; CAIXETA, L.F. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em Diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.22, n.1, p.17-24, 2014b.

SILVA, J.E.R.; CUNHA, J.P.A.R; NOMELINI, Q.S.S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.12, p.1302-1306, 2014a.

SILVA, S.M.; NOGUEIRA, P.A.M.; DIAS, R.S.; JORGE, G.L.; MACHADO, A.W. Inspeção de pulverizadores e qualidade na aplicação de produtos fitossanitários. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.24, n.5, p.439-449, 2016.

STAINIER, C.; DESTAINA, M.F.; SCHIFFERSB, B.; LEBEAUA, F. Droplet size spectral and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. **Crop Protection**, London, v.25, n.12, p.1238-1243, 2006.

TELÓ, G.M.; MARCHESAN, E.; FERREIRA, R.B.; MENEZES, L.M.; HANSEL, D.S.S.; SARTORI, G.M.S. Aplicação de fungicida em plantas de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.1, p.156-164, 2012.

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora. 2004. 90p.

TOKURA, L.K.; VELINI, E.D.; SIQUEIRA, J.A.C.; ALOVISI, A.M.T.; MENEZES, M.J.S. Efeito de pontas de pulverização e da palha de milheto na deposição da calda aplicada em plantas de *Euphorbia heterophylla* e *Brachiaria plantaginea*. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, Suplemento, p.35-44, 2013.

TORMEN, N.R.; SILVA, F.D.L.; DEBORTOLI, M.P.; UEBEL, J.D.; FÁVERA, D.D.; BALARDIN, R.S. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.7, p.802-808, 2012.

TU, M.; RANDALL, J.M. Adjuvants. In: TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J.M. Weed control methods handbook the nature conservancy. Davis: TNC, 2003. p.1-24.

VAL, B.H.P.; FERREIRA JUNIOR, J.A.; BIZARI, E.H.; DI MAURO, A.O.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H. Diversidade genética de genótipos de soja por meio de caracteres agromorfológicos. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal, v.6, n.1, p.72-83, 2014.

VELINI, E. D. **Métodos experimentais**. Qualidade em tecnologia de aplicação. Botucatu, SP: UNESP/FCA - FEPAF, 2004. 183p.

VIEIRA, R.F.; PAULA JÚNIOR, T.J.; PERES, A.R.; MACHADO, J.C. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, n.4, p.770-773, 2001.

VILELA, C.M.; ANTUNIASSI, U.R. Evaporação de gotas de caldas contendo fungicida e adjuvantes depositadas em superfície. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.2, p.65-73, 2013.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, E.; KRAUSE, C.R. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. **Transactions of the ASABE**, Michigan, v.53, n.1, p.13-20, 2010.

ZHU, H.; DORNER, J.W.; ROWLAND, D.L.; DERKSEN, R.C.; OZKAN, H.E. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. **Biosystems Engineering**, Silsoe, v.87, n.3, p.275-283, 2004.

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE CALDAS PARA PULVERIZAÇÃO

RESUMO

A compreensão das características físico-químicas dos produtos fitossanitários torna possível melhorar a eficiência da aplicação e conseqüentemente a redução das perdas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar as características físico-químicas das caldas de pulverização com adjuvantes. As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás. O experimento para avaliar as propriedades físico-químicas das caldas foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ (adjuvantes \times concentrações + testemunha), com quatro repetições. Os tratamentos constituíam de quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]) adicionados à calda combinados com duas concentrações de adjuvante (100 e 150%) e a testemunha (água + fungicida) sem a adição de adjuvante. Foram avaliadas as seguintes características: tensão superficial, densidade, pH e condutividade elétrica da calda. Os dados originados das análises foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$), e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey ($P < 0,05$). Para as análises estatísticas foi utilizado o software R. Todas as caldas com adição dos adjuvantes reduziram os valores de tensão superficial, em relação à testemunha (água + fungicida). Para a condutividade elétrica, houve diferença apenas para a calda com o adjuvante Orix[®], aumentando seus valores. A adição de adjuvantes às caldas não alterou os valores de pH e densidade.

Palavras-chave: tensão superficial, condutividade elétrica, aditivo.

INFLUENCE OF ADJUVANTS IN THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF AGROCHEMICAL SOLUTIONS FOR SPRAYING

ABSTRACT

Understanding the physicochemical characteristics of plant protection products makes it possible to improve the efficiency of the application and consequently reduce losses. In this context, the objective was to evaluate the physicochemical characteristics of agrochemical solutions for spraying with adjuvants. The experiment was carried out in a completely randomized design, with a factorial scheme $4 \times 2 + 1$ (adjuvants x concentrations + control), with four replications. The experiment was carried out in the laboratory of the State University of Goiás. The treatments consisted of four adjuvants (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] and Orix[®]) added to the agrochemical solutions combined with two adjuvant concentrations (100 and 150%) and the control (water + fungicide) without the addition of adjuvant. The following characteristics were evaluated: surface tension, density, pH and electrical conductivity of the agrochemical solutions. The data originated from the analyzes were submitted to analysis of variance ($P < 0.05$), and when significant the Tukey test ($P < 0.05$) was applied. For the statistical analysis, software R was used. All the solutions with addition of adjuvants reduced the values of surface tension, in relation to the control (water + fungicide). For electrical conductivity, there was difference only for the syrup with the Orix[®] adjuvant, increasing its values. The addition of adjuvants agrochemical solutions to the did not alter the pH and density values.

Keywords: surface tension, electrical conductivity, additive.

4.1. INTRODUÇÃO

O uso de adjuvantes possibilita minimizar os efeitos do ambiente que podem comprometer a eficiência de um tratamento fitossanitário (CARBONARI et al., 2005). Essas substâncias são projetadas para agir como espalhantes, umectantes, aderentes, emulsificantes, dispersantes, detergentes, antievaporantes, espessantes, tamponantes, quelatizantes, antiespumantes e filtros solares (XU et al., 2010), sendo um dos responsáveis por alterar as características físico-químicas da calda de pulverização, que resultam na variação do potencial risco de deriva (OLIVEIRA, 2011).

Algumas características da calda são fatores que interferem diretamente no espectro de gotas formado por pontas de pulverização, como a característica física de tensão superficial. Quanto maior os valores de tensão superficial, maior a força necessária para a quebra das gotas no processo de pulverização (MOTA e ANTUNIASSI, 2013).

No entanto, a interação adjuvante e produto fitossanitário é um processo complexo que envolve muitos aspectos físico-químicos e fisiológicos, que podem variar de acordo com as condições de cada aplicação (RAMSDALE e MESSERSMITH, 2001; STAINIER et al., 2006). Portanto, é muito importante conhecer as características físico-químicas das caldas de pulverização de forma a entender a função de seus componentes, uma vez que existe pouca informação a esse respeito e sobre os fatores que as influenciam (DE SCHAMPHELEIRE et al., 2008).

A condutividade elétrica, além de poder influenciar na eficácia biológica de alguns produtos (CARLSON e BURNSIDE, 1984), também é uma importante característica na pulverização eletrostática (CUNHA et al., 2017). A tecnologia consiste no carregamento das gotas com cargas positivas ou negativas, através da formação de um campo elétrico na ponta do bico que evita o desvio da gota de sua trajetória até o alvo, provocando atração entre ambos. Para isso, é necessário causar desequilíbrio nas cargas elétricas da gota, com fornecimento ou extração de elétrons (CHAIM, 2006).

Em relação ao pH da calda, quando encontrado valores mais baixos, a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por maior tempo, pois a superfície das folhas tem um pH neutro, havendo uma interação com o pH da calda (CUNHA e ALVES, 2009). Já a densidade é uma propriedade que influencia o risco de deriva e o potencial de lixiviação em uma dada situação (AZEVEDO, 2007).

Cunha e Alves (2009) avaliaram diferentes soluções aquosas e verificaram que, dependendo do tipo de produto, houve redução do pH e aumento da condutividade elétrica da

solução. Sasaki et al. (2015) constataram uma grande variação, de acordo com as diferentes soluções testadas, para valores de condutividade elétrica. Com exceção dos produtos a base de Éster de ácido graxo e Copolímero de poliéter, todos os demais produtos elevaram os valores da condutividade elétrica da solução.

Gimenes et al. (2013), relataram que o aumento da concentração de surfactante, de 0,01% a 1% da calda, pode aumentar a absorção foliar de pesticidas, no entanto, o aumento exagerado da concentração também pode reduzir a absorção dos mesmos, quando esta for superior ao valor crítico.

Apesar de prevalecer o controle químico no manejo das doenças, os estudos com adjuvantes para melhoria do desempenho de fungicidas ainda são incipientes. Diante disto, este trabalho tem por objeto verificar as propriedades físico-químicas das diferentes caldas com fungicida, modificando as concentrações e o tipo de adjuvante.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Local do Experimento

O experimento foi realizado no Laboratório do curso de Engenharia Agrícola, pertencente ao Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás – UEG, Anápolis - GO, em condições controladas de temperatura (25°C), durante o mês de abril de 2017.

4.2.2. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de tratamentos 4 x 2 + 1 (adjuvantes x concentrações), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]) adicionados à calda com fungicida sistêmico Sumilex 500 WP, descrição na Tabela 1, com duas concentrações da dose do adjuvante (100 e 150%) e a testemunha que continha água + fungicida, conforme a descrição da Tabela 2, com quatro repetições. A dose de 100% representa à indicada pelo fabricante do adjuvante.

TABELA 1 – Descrição dos adjuvantes e do fungicida utilizado no experimento, conforme a bula dos produtos

Nome comercial	Composição	Formulação	Concentração i.a.*
Break-Thru [®]	Copolímero poliéter-polimetil siloxano	Concentrado Solúvel	1000 g L ⁻¹
Haiten [®]	Polioxietileno aquil fenol éter + ingredientes inertes	Solução Aquosa Concentrada	200 g L ⁻¹
Iharaguen-S [®]	Polioxietileno aquil fenol éter + ingredientes inertes	Líquido	200 g L ⁻¹
Orix [®]	Óleo mineral + ingredientes inertes	Concentrado Emulsionável	800 g L ⁻¹
Sumilex 500 WP**	Procimidona + ingredientes inertes	Pó molhável	1000 g ha ⁻¹

*ingrediente ativo; **fungicida

Fonte: Elaborado pelo autor.

TABELA 2 – Descrição das concentrações dos adjuvantes utilizados

Nome Comercial Adjuvantes	100% dose	150% dose
	(%v v ⁻¹)	(%v v ⁻¹)
Break-Thru [®]	0,10000	0,15000
Haiten [®]	0,01500	0,02250
Iharaguen-S [®]	0,01000	0,01500
Orix [®]	1,50000	2,25000

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3. Caracterização das caldas de pulverização

As soluções foram preparadas em béqueres de 0,5 L a temperatura de 25°C e condicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 0,2 L, sendo sempre preparadas no mesmo dia da utilização.

4.2.4. Tensão superficial

A tensão superficial foi determinada pelo método gravimétrico, segundo a metodologia descrita por Mendonça (1999), pela qual se mediu a massa de quinze gotas, utilizando uma balança analítica com precisão de 0,001 g. As gotas foram formadas pela extremidade de uma bureta e depositadas em recipiente com base oleosa (óleo vegetal de soja), para evitar perdas por evaporação. A bureta foi posicionada sobre a balança indicando de forma instantânea o valor da massa da gota no visor. A regulação através de abertura e fechamento da torneira da bureta foram acompanhadas da altura da coluna da calda, a qual foi mantida em 25 mL na escala de graduação e para todos os tratamentos a bureta encontrava-se a uma altura de 5 cm acima da superfície do recipiente, padronizando assim a interferência no caminhamento das gotas para todos os tratamentos durante o percurso de queda.

Os dados de massa das gotas foram convertidos para tensão superficial, relacionando a massa de gotas de água com a massa das gotas da calda de pulverização, de acordo com a Equação 1.

$$TSc = \frac{m_c \times TS_{\text{água}}}{m_{\text{água}}} \quad (1)$$

Em que:

TSc = tensão superficial (mN m⁻¹);

m_c = massa total das gotas (g);

$TS_{\text{água}}$ = tensão superficial da água ($72,6 \text{ mN m}^{-1}$);

$m_{\text{água}}$ = massa total das gotas de água (g).

4.2.5. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica foi medida de forma direta pelo condutivímetro portátil Gehaka, modelo CG-220 (Figura 1).



FIGURA 1. Condutivímetro Portátil, modelo CG-20 da marca GEHAKA, utilizado na determinação da condutividade elétrica.

4.2.6. Potencial hidrogênionico (pH)

O pH foi medido de forma direta através do medidor de pH KASVI, modelo K39-0014P (Figura 2), previamente calibrados com as soluções-padrão (tampão) fornecidas pelo fabricante do equipamento.



FIGURA 2. pHmetro KASVI, modelo K39-0014P, utilizado para determinar o pH das caldas.

4.2.7. Densidade

A densidade foi estimada por meio da determinação da massa de 0,1 L da solução depositada em um balão volumétrico, em balança com precisão de 0,1 mg. Depois calculada pela Equação 2.

$$DS = \frac{m}{v}$$

(2)

Em que:

DS = densidade (g cm^{-3});

m = massa da solução (g);

v = volume do balão (cm^{-3}).

4.2.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Hartley para verificar a condição de homocedasticidade e, após foi realizado a análise de variância aplicando-se o teste F, a 5% de probabilidade. Quando significativos, suas médias foram comparadas pelo Teste de Tukey para os tratamentos a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas foi utilizado o Software R na versão 3.4.3. (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias estatísticas relativas às variáveis analisadas são apresentados na Tabela 3, constatando que as variáveis analisadas das propriedades físico-químicas das caldas, tensão superficial, condutividade elétrica e densidade foram influenciadas pelos tratamentos utilizados.

TABELA 3 – Síntese da análise de variância da tensão superficial (TS), condutividade elétrica (CE), densidade (DS) e pH das caldas de pulverização

Fonte de Variação	Quadrado médio das Variáveis Analisadas				
	GL	TS	CE	DS	pH
A	3	3573,32 **	129,43 **	0,00 **	0,02 NS
C	1	57,62 *	2,64 NS	0,00 NS	0,02 NS
A x C	3	61,67 **	13,80 *	0,00 NS	0,02 NS
Testemunha x Fatorial	1	2031,75 **	32,62 **	0,00 NS	0,01 NS
Resíduo	27	309,46	3,69	0,00	0,02
Total	35	13303,78	16,13	0,00	0,02
Média		49,91	69,71	0,99	7,24
CV (%)		39,06	5,76	0,22	1,76

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; NS não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

Adjuvante (A), Concentração do Adjuvante (C), Testemunha (água + fungicida).

4.3.1. Tensão superficial

Conforme a Tabela 4, os valores da tensão superficial variaram para as diferentes caldas de pulverização quando adicionado o adjuvante. A calda fungicida sem adição de adjuvante, ou seja, a testemunha (água + fungicida), apresentou a maior média de tensão superficial, 71,96 mN m⁻¹, Santos et al. (2013) relataram esse mesmo comportamento para caldas fungicidas sem adjuvantes, encontrando o valor médio de 69,47 mN m⁻¹.

Baio et al. (2015) verificando a tensão superficial de adjuvantes, encontraram valores médios de 20,3 mN m⁻¹, para o adjuvante Break-Thru®. Valores próximos aos encontrados neste trabalho, em que, na dosagem recomendada (100%) foi encontrado o valor de 21,79 mN m⁻¹ para o adjuvante Break-Thru®. Iost e Raetano (2010) também evidenciaram que os organossiliconados são os que possuem a maior capacidade de redução da tensão superficial, encontrando valores médios de 19,40 a 21,00 mN m⁻¹ em diferentes concentrações

do adjuvante SilwetL-77[®] em solução aquosa. Montório (2001) obteve resultados que confirmam a mesma tendência encontrada, ou seja, maior capacidade de redução de tensão para os organosilicones.

Essa maior redução na tensão superficial, aumenta assim a área de contato com a epiderme da folha, facilita o espalhamento das gotas pulverizadas quando atinge o alvo, podendo aumentar a absorção do ingrediente ativo do produto pela planta e potencializar sua eficiência no controle (BAIO et al., 2015; SALVALAGGIO et al., 2016).

Para o adjuvante Orix[®] na dose recomendada, encontrou-se o valor de 37,25 mN m⁻¹, corroborando com o trabalho de Cunha et al. (2010), estudando as características físico-químicas das caldas (água + adjuvantes) em diferentes temperaturas, encontraram para o adjuvante a base de óleo mineral, na temperatura de 25°C, o valor de 35,6 mN m⁻¹.

Entre os adjuvantes Haiten[®] e Iharaguen-S[®] houve uma redução nos valores de tensão superficial com a adição dos adjuvantes (100 e 150%), porém essa redução foi menor em relação aos outros adjuvantes.

Ainda na Tabela 4 pode se observar para as diferentes concentrações que o adjuvante Iharaguen-S[®] diminuiu as médias de tensão superficial ao aumentar a dose. Os adjuvantes Break-Thru[®], Haiten[®] e Orix[®] não apresentaram essa diferença, sendo desnecessário o aumento da concentração do adjuvante, ou seja, os valores de tensão superficial se mantiveriam constantes independente do aumento da dose de 100 para 150%, portanto, a dose maior do adjuvante não fez com que os valores de tensão superficial se modificassem.

TABELA 4 – Valores médios da tensão superficial (mN m⁻¹) das caldas de pulverização

Tipo de Adjuvante	Concentração do Adjuvante	
	100%	150%
Break-Thru [®]	21,79 Da	24,22 Ca
Haiten [®]	61,84 Ba	60,77 Aa
Iharaguen-S [®]	73,50 Aa	62,91 Ab
Orix [®]	37,25 Ca	35,75 Ba
Fatorial	47,25 B	
Água + Fungicida	71,96 A	

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

4.3.2. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica apresentou diferença para o adjuvante Orix[®] em relação aos outros adjuvantes nas concentrações de 100 e 150%, apresentando valores superiores, 74,45 e 77,63 μS , respectivamente, conforme Tabela 5. Para o adjuvante Haiten[®] o aumento da concentração do adjuvante diminuiu os valores médios de condutividade de 68,80 para 66,00 μS , respectivamente.

O aumento da concentração do adjuvante fez com que os valores de condutividade elétrica aumentassem apenas para o adjuvante Orix[®], como descrito anteriormente. Resultados encontrados por Oliveira (2011) mostrou que o aumento da concentração de adjuvante proporcionou incremento significativo na condutividade elétrica. Porém, as caldas analisadas pelo autor continham apenas água + adjuvante, já neste trabalho as caldas continham água + fungicida + adjuvante. As propriedades químicas do fungicida podem ter alterado os valores da condutividade elétrica, como caracterizado por Cunha et al. (2017), analisando diferentes tipos de fungicidas e diferentes adjuvantes no qual constataram diferentes valores para a condutividade elétrica. A condutividade elétrica está ligada à presença de íons, sua concentração e valência e, desta forma, depende da composição dos componentes da calda (CUNHA et al., 2017).

A condutividade elétrica da calda é medida através de íons dissociados nas soluções, valores de condutividade elétrica mais elevada na calda indicam a presença de íons, os quais podem diminuir a eficácia biológica do produto aplicado (RHEINHEIMER e SOUZA, 2000).

Maski e Durairaj (2010), em um estudo com pulverização eletrostática, atribuíram maior carga elétrica na gota às caldas com maior condutividade elétrica.

Ainda de acordo com a Tabela 5, a média geral da interação entre as caldas com adjuvante e suas concentrações foram diferentes da testemunha (água + fungicida). Ao adicionar o adjuvante à calda a condutividade elétrica aumentou. Maciel et al. (2014) testando uma calda de pulverização com e sem o adjuvante, também verificaram que a calda com adjuvante aumentou a condutividade se comparada com a calda sem adjuvante.

TABELA 5 – Valores médios da condutividade elétrica (μS) das caldas de pulverização

Tipo de Adjuvante	Concentração da dose do adjuvante	
	100%	150%
Break-Thru [®]	69,23 Ba	67,38 Ba
Haiten [®]	68,80 Ba	66,00 Bb
Iharaguen-S [®]	68,85 Ba	68,03 Ba
Orix [®]	74,45 Ab	77,63 Aa
Fatorial	70,04 A	
Água + Fungicida	67,01 B	

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

4.3.3. Densidade

Na Tabela 6 pode-se verificar que os valores médios para densidade das caldas apresentou diferença para adjuvante Orix[®], em relação aos outros adjuvantes, que não diferiram entre si. A presença deste na calda reduziu a densidade da solução. A diferença entre os valores se deu apenas na terceira casa decimal dos valores, sendo todos os valores próximos ao valor da densidade da água ($1,0 \text{ g cm}^{-3}$). Bueno et al. (2013) verificaram diferença na densidade nas caldas com a presença de adjuvante e também com a grandeza das alterações muito pequena.

Cunha e Alves (2009) constataram que não houve diferenças significativas nos valores de densidade para diferentes adjuvantes e concentrações. Cunha et al. (2010) também visualizaram a não significância nos valores de densidade para diferentes adjuvantes em diferentes temperaturas.

Apesar de a densidade ser uma propriedade cujo aumento pode levar à redução de deriva, nota-se que na prática esse processo não é facilmente obtido, principalmente pela baixa concentração de adjuvantes em relação à água. Para se conseguir aumento de densidade, seria necessário aumentar muito a concentração, o que oneraria bastante a aplicação (CUNHA et al., 2010).

TABELA 6 – Valores médios da densidade (g cm^{-3}) das caldas de pulverização para os diferentes adjuvantes

Tipo de Adjuvante	Média
Break-Thru [®]	0,99434 A
Haiten [®]	0,99370 A
Iharaguen-S [®]	0,99312 A
Orix [®]	0,99037 B

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

Para os valores de pH não houve diferença, indicando que nem o adjuvante e nem a concentração foi capaz de alterar de forma significativa os valores médios de pH das caldas, corroborando com os resultados encontrados por Bueno et al. (2013), que também não verificaram alteração nos valores de pH em caldas com e sem adjuvante.

À medida que aumenta as concentrações de íons hidrogênio (pH mais alto), os agroquímicos ácidos tornam-se mais solúveis enquanto os agroquímicos básicos podem se tornar menos solúvel (OKUMURA e PEREIRA JÚNIOR, 2011). Portanto, não há um valor fixo para o pH, devendo-se levar em consideração o tipo de produto que será adicionado a calda e a faixa de pH que ele se enquadra.

A acidificação da calda reduz a dissociação das moléculas, assim, produtos dissolvidos em condições de baixo pH são absorvidos com maior facilidade pelas plantas.

Green e Beestman (2007) afirmam que a ação dos adjuvantes sobre o pH é bastante variada, podendo levar ao seu aumento, redução ou inalteração.

O efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das caldas fungicidas mostrou-se dependente de sua composição química e da interação com o produto fitossanitário, não sendo possível generalizar esses efeitos para todos os adjuvantes, devendo-se verificar as propriedades de cada produto.

4.4. CONCLUSÕES

Todas as caldas com adição dos adjuvantes reduziram os valores de tensão superficial, em relação à testemunha (água + fungicida).

Para a condutividade elétrica, houve diferença apenas para a calda com o adjuvante Orix[®], aumentando seus valores.

A adição de adjuvantes às caldas não alterou os valores de pH e densidade.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas Sistêmicos - Teoria e Prática**. 1. ed. Campinas: Emopi Gráfica Editora Ltda, 2007. 284p.

BAIO, F.H.R.; GABRIEL, R.R.F.; CAMOLESE, H.S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v.9, n.2, p.151-161, 2015.

BUENO, M.R.; ALVES, G.S.; PAULA, A.D.M.; CUNHA, J.P.A.R. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.31, n.3, p.705-713, 2013.

CARBONARI, C.A.; MARTINS, D.; MARCHI, S.R.; CARDOSO, L.R. Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.4, p.725-729, 2005.

CARLSON, K.L.; BURNSIDE, O.C. Comparative phytotoxicity of ghyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, Champaign, v.32, n.6, p.841-884, 1984.

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

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

CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.S.; REIS, E.F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta daninha**, Viçosa, v.28, n.3, p.665-672, 2010.

CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.A.; MARQUES, R.S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.2, p.261-270, 2017.

DE SCHAMPHELEIRE, M.; NUYTENS, D.; BAETENS, K.; CORNELIS, W.; GABRIELS, D.; SPANOGHE, P. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v.10, n.5, p.409-420, 2009.

GIMENES, M.J.; ZHU, H.; C.G. RAETANO, C.G.; OLIVEIRA, R.B. Dispersion and evaporation of droplets amended with adjuvants on soybeans. **Crop Protection**, London, v.44, n.2, p.84-90, 2013.

GREEN, J.M.; BEESTMAN, G.B. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. **Crop Protection**, London, v.26, n.3, p.320-327, 2007.

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

MACIEL, C.D.G.; NETO, A.M.O; SILVA, A.A.P; KARPINSKI, R.A.K; BARBOSA, A.P.; SILVA, A.F.M.; MENDES, M.A.; HELVIG, E.O. Efficiency and quality of glyphosate + carfentrazone application in controlling *Commelina diffusa* depending on the spray nozzles and Triunfo Flex™ adjuvante. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.13, n.2, p.156-162, 2014.

MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an air assisted electrostatic-induction spray-charging system. **Journal of Electrostatics**, London, v.68, n.2, p.152-158, 2010.

MENDONÇA, C.; VELINI, E.D.; MARTINS, D. Efeito de surfactantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.3, p.355-365, 1999.

MONTÓRIO, G.A. **Eficiência dos surfatantes agrícolas na redução da tensão superficial**. 2001. 70 p. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MOTA, A.A.B.; ANTUNIASSI, U.R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.1, p.1-5, 2013.

OKUMURA, M.H.; PEREIRA JÚNIOR, H.R.J. Recuperação de áreas degradadas pela agricultura convencional, com auxílio da agricultura orgânica. **Revista Complexus Faculdade de Engenharia e Arquitetura – CEUNSP**, Salto, v.2, n.4, p.145-160, 2011.

OLIVEIRA, R.B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 121p. (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2017. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 11 ago. 2017.

RAMSDALE, B.K.; MESSERSMITH, C.G. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. **Weed Technology**, Champaign, v.15, n.3, p.485-491, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; SOUZA, R.O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.97-104, 2000.

SALVALAGGIO, A.C.; FERREIRA, S.D.; COSTA, N.V.; BAIOCO, R.A.; KAEFER, K.A.C.; CAZZO, V.N. Área de espalhamento de gotas de soluções com inseticida biológico e adjuvantes em folhas de mandioca. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.15, n.1, p.82-87, 2016.

SANTOS, N.C.; LASMAR, O.; FERREIRA, M.C. Cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de gotas a partir de caldas fungicidas com adjuvantes sobre folhas de três genótipos de manga. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 6., 2013, Londrina. **Anais...** Londrina: SINTAG, 2013. p.1-4.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M.M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R.P.; MACIEL, C.F.S.; FERNANDES, H.C. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.274-279, 2015.

STAINIER, C.; DESTAIN, M.F.; SCHIFFERS, B.; LEBEAU, F. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvant mixtures. **Crop Protection**, London, v.25, n.12, p.1238-1243, 2006.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, E.; KRAUSE, C.R. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. **Transactions of the ASABE**, Michigan, v.53, n.1, p.13-20, 2010.

CAPÍTULO 2

ESPECTRO DE GOTAS DE CALDAS DE PULVERIZAÇÃO COM DIFERENTES PONTAS E ADJUVANTES UTILIZANDO TÉCNICA DE ANÁLISE DE IMAGENS

RESUMO

O êxito na aplicação de produtos fitossanitários depende de fatores como tamanho de gota, tipo de ponta e composição da calda. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o espectro de gotas das caldas pulverizadas com diferentes pontas de pulverização por meio de medição direta. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial $2 \times 4 \times 2 + 2$ (pontas x adjuvantes x concentrações + testemunhas), com quatro repetições. Foram utilizados duas pontas (CVI 11002 e TVI 800075) e quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]) adicionados à calda combinados com duas concentrações dos adjuvantes (100 e 150%) e a testemunha, sem adjuvante. Para a obtenção do espectro de gotas foi utilizado um analisador de partículas por imagens, com caracterização em tempo real. Foram avaliados o diâmetro da mediana volumétrica, diâmetro da mediana numérica, amplitude relativa e percentagem do volume de gotas menores de 100 μm . Analisando o espectro de gotas a partir da sombra projetada pelas partículas captadas pela câmera, a qual foi posicionada opostamente à fonte de iluminação. Os dados originados das análises foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$), e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey ($P < 0,05$), pelo software SISVAR 5.6. A ponta de pulverização CVI 11002 apresentou o diâmetro da mediana volumétrica favorável para a aplicação das caldas e segurança contra deriva e espectro de gotas mais homogêneo. O adjuvante Break-Thru[®] apresentou menor risco à deriva e o aumento da concentração do adjuvante Orix[®] elevou a homogeneidade do espectro das gotas.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, tamanho de gotas, aditivos.

SPECTRUM OF DROPLETS OF AGROCHEMICAL SOLUTIONS FOR SPRAYING WITH DIFFERENT NOZZLES AND ADJUVANTS USING IMAGE ANALYSIS TECHNIQUE

ABSTRACT

Successful application of agrochemicals depends on factors such as droplet size, nozzle type and solution composition. In this context, the objective of this study was to evaluate the spectrum of spray droplets with different spray nozzles by means of direct measurement. The experiment was conducted in a completely randomized design, with a factorial scheme $2 \times 4 \times 2 + 2$ (nozzles \times adjuvants \times concentrations + controls), with four replications. Two nozzles (CVI 11002 and TVI 800075) and four adjuvants (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] and Orix[®]) added to the solutions combined with two adjuvant concentrations (100 and 150%) and the control, without adjuvant. To obtain the spectra of droplets a particle analyzer with images with real time characterization was used. The volumetric median diameter, numerical median diameter, relative amplitude and percentage of droplet volume less than 100 μm were evaluated. Analyzing the spectrum of drops from the shadow projected by the particles captured by the camera, which was positioned opposite the source of illumination. The data originated from the analysis were submitted to analysis of variance ($P < 0.05$) and, when significant, the Tukey test ($P < 0.05$) was applied by SISVAR software 5.6. The spray nozzle CVI 11002 presented the diameter of the favorable volumetric median for the application of the solutions and safety against drift and a more homogeneous droplet spectrum. The Break-Thru[®] adjuvant presented lower risk of drift and increased concentration of the Orix[®] adjuvant increased the homogeneity of the droplet spectrum.

Keywords: application technology, droplet size, additives

5.1. INTRODUÇÃO

Não basta conhecer o produto a ser aplicado, mas é fundamental conhecer também a forma de aplicação para garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente minimizando as perdas por deriva para o ambiente (MADUREIRA et al., 2015). Os aspectos mais encontrados na literatura estão relacionados ao diâmetro das gotas e à densidade de cobertura destas sobre o alvo (YU et al., 2009; ALMEIDA et al., 2016).

A escolha do padrão de gotas é importante, pois influencia diretamente na cobertura do alvo e riscos de perdas por deriva (MOTA e ANTUNIASSI, 2013). Gotas com tamanho entre 50 e 100 μm , classificadas como muito fina, proporcionam grande suscetibilidade em elevar a deriva, porém, apresentam capacidade de serem transportadas para o interior do dossel das culturas. Já gotas grandes conferem maior resistência em sofrer deriva e têm uma trajetória vertical, apresentando assim, maior deposição em alvos localizados na horizontal (MATTHEWS, 2000). Matthews ainda afirma que quando as condições ambientais forem favoráveis à deriva, gotas do tipo médias a grossas devem ser utilizadas.

As especificações técnicas com as faixas de tamanho de gotas são encontradas nos catálogos, mas podem ser alteradas de acordo com as características físicas das caldas, condições ambientais, engenharia das máquinas, metodologia utilizada, dentre outros (YAN et al., 2017; CARVALHO et al., 2017; PARAFINIUK et al., 2017; CARVALHO et al., 2018). A escolha do padrão de gotas é importante, pois influencia diretamente na cobertura do alvo e riscos de perdas por deriva (MOTA e ANTUNIASSI, 2013).

As pontas de pulverização são responsáveis pela formação das gotas e por isso são determinantes no processo de pulverização e diminuição da deriva (FERREIRA et al., 2011).

As pontas de pulverização de jato plano possuem o orifício em forma de fenda, apresentando jato plano e com deposição linear (AZEVEDO e FREIRE, 2006), trabalham à uma pressão mais baixa e por isso tendem a produzir gotas grossas ou mais pesadas, que reduzem a perda por deriva e evaporação (CUNHA e PERES, 2010).

Já as pontas de jato cônico vazio produzem, em geral, gotas finas, que apresentam trajetórias tangenciais, que facilitam a penetração das gotas no dossel das plantas (ZHU et al., 2004), aumentando o risco da deriva. Uma das alternativas para reduzir esses riscos é a utilização de pontas que produzem gotas de maior tamanho, como as pontas de jato cônico com indução de ar.

O mecanismo existente nas pontas com indução de ar segue o princípio de funcionamento de um tubo de Venturi (BUTLER ELLIS et al., 2002). As bolhas de ar no

interior da gota interferem no transporte e padrão de deposição das gotas. Quando se trabalha com esta classe de pontas, a presença de bolhas de ar ajuda na diminuição da perda das gotas quando impactam com uma superfície (MATTHEWS, 2000), ou seja, as bolhas de ar amortecem o impacto com a superfície diminuindo o efeito de rebote da mesma.

Portanto, a eficiência da tecnologia de aplicação pode ser melhorada pela disposição e distribuição do produto no alvo e além da escolha, de forma correta, das pontas, faz-se o uso de adjuvantes. Adjuvante é qualquer substância que, adicionada durante o processo de formulação do produto fitossanitário ou no preparo da calda, facilita a aplicação, reduz perdas e riscos durante o processo e melhora o desempenho do agente químico de controle (GELMINI et al., 2002).

Ao adicionarem adjuvantes à calda, YU et al. (2009) constataram o efeito de maior espalhamento da gota ao se depositar no alvo. CUNHA et al. (2010) relatam que a formação das gotas pode ser significativamente alterada, visto que estes produtos alteram as propriedades físicas das caldas.

A maioria dos equipamentos que avaliam o espectro de gotas em tempo real utilizam a técnica de difração por raio laser, contudo, essa técnica pode apresentar problemas de acurácia se empregada com líquidos de composição físico-química diferentes (MURPHY et al., 2004). As limitações dessas técnicas e as recentes melhorias no processamento de imagens digitais e reduções de custos aumentaram o interesse em técnicas de imagem de alta velocidade para aplicações agrícolas (HIJAZI et al., 2012).

A maioria das técnicas de imagem usa luz de fundo para a iluminação das gotas para adquirir seus gráficos de sombra, a partir dos quais as propriedades das gotas são extraídas. Elas permitem que um plano de cada vez seja fotografado tempos de exposição até um microssegundo (JU et al., 2012).

O comportamento dos adjuvantes pode ser bastante variável de acordo com as diferentes caldas e pontas de pulverização. Entretanto, há pouca informação a respeito, principalmente para a aplicação de calda fungicida nessas condições. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a interferência de adjuvantes, adicionados a calda de pulverização, no desempenho das pontas quanto às características de espectro de gotas gerado.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Local do Experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Engenharia Agrícola, pertencente ao Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás – UEG, Anápolis - GO, em condições controladas de temperatura (25°C), em maio de 2017.

5.2.2. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de tratamentos $2 \times 4 \times 2 + 2$ (pontas x adjuvantes x concentrações + testemunha), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas pontas (CVI 11002 - jato plano padrão, TVI 800075 - jato cônico vazio com indução de ar), quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]) adicionados à calda com fungicida sistêmico Sumilex 500 WP (descrição na Tabela 1), duas concentrações da dose do adjuvante (100 e 150%), conforme a descrição da Tabela 2, e a testemunha que continha apenas água com fungicida, sem adição de adjuvante, com quatro repetições. A dose de 100% representa à indicada pelo fabricante do adjuvante.

TABELA 1 – Descrição dos adjuvantes e do fungicida utilizado no experimento, conforme a bula dos produtos

Nome comercial	Composição	Formulação	Concentração i.a.*
Break-Thru®	Copolímero poliéter-polimetil siloxano	Concentrado Solúvel	1000 g L ⁻¹
Haiten®	Polioxietileno aquil fenol éter + ingredientes inertes	Solução Aquosa Concentrada	200 g L ⁻¹
Iharaguen-S®	Polioxietileno aquil fenol éter + ingredientes inertes	Líquido	200 g L ⁻¹
Orix®	Óleo mineral + ingredientes inertes	Concentrado Emulsionável	800 g L ⁻¹
Sumilex 500 WP**	Procimidona + ingredientes inertes	Pó molhável	1000 g ha ⁻¹

*ingrediente ativo;

**fungicida

Fonte: Elaborado pelo autor.

TABELA 2 – Descrição das concentrações dos adjuvantes utilizados

Nome Comercial Adjuvantes	100% dose	150% dose
	(% v v ⁻¹)	(% v v ⁻¹)
Break-Thru®	0,10000	0,15000
Haiten®	0,01500	0,02250
Iharaguen-S®	0,01000	0,01500
Orix®	1,50000	2,25000

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.3. Caracterização das pontas

As pontas CVI 11002 (jato plano padrão) e TVI 800075 (jato cônico vazio com indução de ar), ambas da marca JACTO, foram escolhidas por serem utilizadas para pulverização de caldas com fungicidas sistêmicos, conforme fabricante.

A pressão utilizada para a ponta CVI 11002 e TVI 800075 foi de 137,9 e 517,1 kPa, respectivamente, essas que se encontram na faixa de trabalho das pontas em questão.

5.2.4. Espectro de gotas

Para a obtenção do espectro de gotas foi utilizado um analisador de partículas por imagens, Sistema Shadow Sizer (Dantec Dynamics Inc.). A caracterização foi realizada em tempo real pelo Software Dynamic Studio versão 2016^a. O sistema analisou o espectro de gotas a partir da sombra projetada pelas partículas captadas pela câmera, a qual foi posicionada opostamente à fonte de iluminação (LED). A partir do processamento das imagens captadas pela câmera, o diâmetro e o volume das gotas foram identificados.

A câmera digital utilizada é uma FlowSense EO 4 Mpx de resolução 2352 x 1768 pixels e frequência de 41 frames por segundo, com lentes Zeiss Rokinon 100 mm f/2.8 Macro Lens.

As gotas foram avaliadas a 0,5 m de altura em relação à ponta de pulverização e o ponto de leitura. A calda foi colocada em um reservatório cilíndrico, com capacidade para 5 L, sendo que a pressurização do líquido foi através de CO₂ comprimido, armazenado em outro cilindro, para manter a pressão constante. As condições ambientais foram monitoradas durante a realização do experimento com a temperatura do ar de $25 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $55 \pm 5\%$ e havia ausência de ventos e de luminosidade externa, uma vez que as análises foram realizadas com as luzes apagadas e em ambiente fechado. Foi formulado 2 L de calda para cada repetição, sendo preparadas em béqueres de 2 L a temperatura do ar de 25°C e condicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 2 L, sendo sempre preparadas no mesmo dia da utilização.

Para caracterizar o espectro de gotas foram avaliados o DMV (diâmetro da mediana volumétrica), em μm , DMN (diâmetro da mediana numérica), em μm , AR (Amplitude Relativa) e porcentagem de gotas menores de $100 \mu\text{m}$ (% gotas $< 100 \mu\text{m}$).

5.2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Hartley para verificar a condição de homocedasticidade e, após foi realizado a análise de variância aplicando-se o teste F, a 5% de probabilidade. Quando significativos, suas médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas foi utilizado o Software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias estatísticas relativas às variáveis analisadas são apresentados na Tabela 3, constatando que as variáveis DMV, DMN, AR e % volume de gotas < 100 µm foram influenciadas pelos tratamentos utilizados.

TABELA 3 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN); amplitude relativa (AR) e % volume gotas < 100 µm para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes

Fonte de Variação	Quadrado Médio das Variáveis Analisadas				
	GL	DMV	DMN	AR	% volume gotas <100µm
P	1	182970,06 **	14042,25 **	5,65 **	1828,85 **
A	3	1812,54 NS	851,35 NS	0,41 *	181,53 **
C	1	1024,00 NS	1296,00 NS	0,01 NS	138,25 NS
P x A	3	3864,27 NS	614,46 NS	1,01 **	81,20 NS
P x C	1	1387,56 NS	370,56 NS	0,63 *	32,38 NS
A x C	3	6709,88 NS	451,13 NS	0,38 *	78,70 NS
P x A x C	3	4218,19 NS	692,94 NS	0,02 NS	84,42 NS
Test	1	32162,82 **	4704,50 **	2,22 **	105,15 NS
Fat x Test	1	3451,56 NS	1593,34 NS	0,09 NS	83,71 NS
Resíduo	54	1693,65	601,31	0,14	38,59
Total	71	5102,36	877,56	0,30	78,17
Média		218,53	132,58	2,51	15,86
CV (%)		23,01	27,23	15,53	39,89

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; NS não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Ponta (P), Adjuvante (A), Concentração do Adjuvante (C), Testemunha (Test), Fatorial (Fat).

5.3.1. Espectro de gotas

Nota-se na Tabela 4 que foi encontrado diferença para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e diâmetro da mediana numérica (DMN) para as diferentes pontas. Os valores de DMV e DMN foram maiores para a ponta CVI 11002 (jato plano padrão), com 264,66 e 142,41 µm, respectivamente. Já para a ponta TVI 800075 (jato cônico vazio com indução de ar) os diâmetros foram de 157,72 µm para o DMV e 112,78 µm para o DMN. Para a testemunha (água + fungicida) as pontas apresentaram o mesmo comportamento DMV e DMN maiores também para a ponta CVI 11002. Madureira et al. (2015) analisando o espectro

de gotas de uma ponta jato plano inclinado constataram valores de DMV variando de 226,31 a 301,55 μm , corroborando com os valores encontrados neste trabalho.

Cunha et al. (2004) encontraram para o DMV valores que variaram de 83 a 129 μm , quando utilizado as pontas de jato cônico vazio, valores estes menores que o encontrado neste trabalho. Porém, como a ponta utilizada neste experimento foi uma ponta cônico vazio com indução de ar, o espectro de gotas tende a ser maior que uma ponta cônico vazio sem indução. O sistema Venturi presente nessas pontas, combinado ao pré-orifício, permite formação de gotas de maior tamanho com pequenas bolhas de ar em seu interior (NUYTTENS et al., 2007).

De acordo com as normativas da ASABE (2009) e os valores encontrados no trabalho o espectro das gotas produzidas pelas pontas CVI 11002 e TVI 800075 é classificado como média (236-340 μm) e fina (106-235 μm), respectivamente.

Lasmar (2014) verificando diferentes concentrações de adjuvante (óleo mineral) em água, observou nas diferentes concentrações, 5 a 20%, (do volume total da solução) que os valores médios de DMV não se alteraram, para ponta de jato plano e jato cônico, na pressão de ar 39,23 kPa. Portanto, os valores de DMV não foram dependentes da concentração do adjuvante, como neste trabalho, em que não apresentou diferença entre as concentrações.

Não houve diferença para o DMV e DMN, para as caldas com e sem adjuvantes. Iost (2008), avaliando o efeito de adjuvantes com potencial antideriva (nonilfenoletoxilado + óxido de etileno, fosfatidilcolina + ácido propiônico, nonil fenol etoxilado, lecitina e polímero glicossilano) no tamanho de gotas, notou pouco efeito no diâmetro da mediana volumétrica, nas doses recomendadas pelos fabricantes.

A maioria dos adjuvantes com função de espalhante tem em sua composição propriedades redutoras de tensão superficial. Essa, por sua vez, pode levar também à diminuição do tamanho das gotas; contudo, a magnitude deste processo não é muito grande e varia de acordo com a ponta empregada (BUTLER ELLIS et al., 2001).

TABELA 4 – Médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas de pulverização

Ponta	DMV	DMN
	Média	
TVI 800075	157,72 B	112,78 B
CVI 11002	264,66 A	142,41 A
Ponta	Água + Fungicida	
TVI 800075	169,81 B	118,31 B
CVI 11002	296,63 A	166,81 A

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

A interação entre as pontas e os adjuvantes, entre as pontas e as concentrações e entre concentrações e os adjuvantes, foram significativas para a amplitude relativa (AR). Essas interações podem ser vistas na Tabela 5.

Independente do adjuvante utilizado, as caldas pulverizadas com a ponta CVI 11002 apresentaram valor menor ou igual, de AR, em relação a ponta TVI 800075.

Entre os adjuvantes, o Haiten[®], quando adicionado à calda é o adjuvante que diminui a homogeneidade das gotas de forma mais contundente, quando aplicado com a ponta TVI 800075.

O aumento da concentração de adjuvante influenciou na AR apenas para o adjuvante Orix[®]. Quando aumentou a concentração, a média de AR diminuiu, ou seja, com o aumento da concentração o espectro de gotas apresentou maior homogeneidade para esse adjuvante.

Quanto mais próximo de zero for o parâmetro AR, mais homogêneo é o espectro (SASAKI et al., 2015). Porém este valor não é observado nas pontas comerciais devido às mesmas produzirem gotas de tamanhos variados (SASAKI et al., 2016).

Figueiredo et al. (2007) avaliando a uniformidade de espectro de gotas produzidos por diferentes pontas de jato plano, encontraram valores de AR variando entre 2,00 a 4,60, corroborando com os valores encontrados neste trabalho, que variou de 2,01 a 3,34.

Segundo Christofletti (1999), quanto maior o valor da amplitude relativa maior também será a faixa de tamanho das gotas pulverizadas.

TABELA 5 – Médias da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas das caldas de pulverização

	TVI 800075	CVI 11002
Break-Thru®	2,64 Ba	2,21 Ab
Haiten®	3,34 Aa	2,01 Ab
Iharaguen-S®	2,61 Ba	2,39 Aa
Orix®	2,50 Ba	2,09 Ab
	TVI 800075	CVI 11002
100%	2,66 Aa	2,26 Ab
150%	2,88 Aa	2,24 Ab
	100%	150%
Break-Thru®	2,26 Aa	2,58 ABa
Haiten®	2,54 Aa	2,81 Aa
Iharaguen-S®	2,63 Aa	2,37 ABa
Orix®	2,72 Aa	2,18 Bb

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

A percentagem de volume de gotas com diâmetros menores que 100 μm (% volume gotas < 100 μm) apresentaram diferença entre as pontas e adjuvantes, conforme Tabela 6.

A ponta TVI 800075 apresentou uma % de volume de gotas < 100 μm maior que os valores apresentados pela ponta CVI 11002. O adjuvante Break-Thru® apresentou menor % de volume de gotas < 100 μm em relação ao adjuvante Orix®. Assim, nota-se que com o uso da ponta CVI 11002 a aplicação está menos sujeita à deriva. E o uso do adjuvante Break-Thru® correspondeu a menor % de volume de gotas < 100 μm , se comparado com o adjuvante Orix®.

TABELA 6 – Médias da percentagem do volume de gotas menores que 100 μm , das caldas de pulverização

Ponta	Média
TVI 800075	22,35 A
CVI 11002	11,66 B
Adjuvante	Média
Break-Thru®	13,41 B
Haiten®	15,46 AB
Iharaguen-S®	17,91 AB
Orix®	21,23 A

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

A interpretação dos dados de percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm , permite que se estime o potencial de deriva da aplicação. Arvidsson et al. (2011) relatam que a percentagem do volume pulverizado composta por gotas menores que 100 μm serve como um melhor indicador de perigo de deriva que o DMV, assim, quanto maior esse percentual, maior a ocorrência de deriva. Em geral, valores inferiores a 15% do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm parecem ser mais adequados a uma aplicação segura (CUNHA et al., 2003). Portanto, com as pontas analisadas, a TVI 800075 possui alto potencial de risco de deriva, com média de 22,35 de % de volume de gotas < 100 μm .

De acordo com Villalba e Hetz (2010), a combinação de temperatura do ar superior a 30°C e umidade relativa do ar inferior a 40% influenciam diretamente sobre a evaporação das gotas de pulverização, especialmente sobre as gotas finas, sendo que os fatores que mais afetam sobre esse tipo de perdas são o tamanho das gotas, o tempo que estas levam para chegarem até o alvo e a distância em relação ao alvo.

A redução de tamanho de gotas é desejada principalmente quando o objetivo da aplicação é proporcionar boa cobertura ao alvo, uma vez que gotas menores proporcionam maior cobertura (BUENO et al., 2013).

5.4. CONCLUSÕES

A ponta de pulverização CVI 11002, em condições laboratoriais, apresentou DMV favorável para a aplicação das caldas de pulverização e menor condição de deriva, com gotas de tamanho médio assim como espectro de gotas mais homogêneo.

A adição de adjuvantes a calda de pulverização não alterou o DMV e DMN de gotas. O adjuvante Break-Thru® apresentou menor risco à deriva e o aumento da concentração do adjuvante Orix® elevou a homogeneidade do espectro das gotas.

5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D.P.; AGOSTINI, A.R.; YAMAUCHI, A.K.F.; DECARO JUNIOR, S.T.; FERREIRA, M.C. Application Volumes and Sizes of Droplets for the Application of Diquat Herbicide in the Control of *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.34, n.1, p.171-179, 2016.
- ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pest Management Science**, Chichester, v.67, n.5, p.586-598, 2011.
- ASABE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. S572.1., 2009, St. Joseph. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. In: ASABE Standard, St. Joseph, 2009. 3p.
- AZEVEDO, F.R.; FREIRE, F.C.O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 47p.
- BUENO, M.R.; CUNHA, J.P.A.R.; ROMAN, R.A.A. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p.976-985, 2013.
- BUTLER ELLIS, M.C.; SWAN, T.; MILLER, P.C.H.; WADDELOW, S.; BRADLEY, A.; TUCK, C.R. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v.82, n.3, p.289-296, 2002.
- BUTLER ELLIS, M.C.; TUCK, C.R.; MILLER, P.C.H. How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of sprays produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, London, v.190, n.3, p.267-276, 2001.
- CARVALHO, F.K.; ANTUNIASSI, U.R.; CHECHETTO, R.G.; MOTA, A.A.B.; CARVALHO, L.D. Viscosity, surface tension and droplets size on spray solutions with formulations of insecticides and fungicides. **Crop Protection**, v.101, n.11, p.19-23, 2017.
- CARVALHO, F.K.; ANTUNIASSI, U.R.; CHECHETTO, R.G.; MOTA, A.A.B.; CARVALHO, L.R. Viscosity, surface tension and droplet size of spray liquids containing formulations of insecticides and fungicides with oil-based adjuvants. **Aspects of Applied Biology**, v.137, p.183-190, 2018.
- CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.
- CUNHA, J.P.A.R.; BUENO, M.R.; FERREIRA, M.C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, número especial, p.1153-1158, 2010.
- CUNHA, J.P.A.R.; PERES, T.C.M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.597-602, 2010.

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

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

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FERREIRA, M.C.; LOHMANN, T.R.; CAMPOS, A.P.; VIEL, S.R.; FIGUEIREDO, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.3, p.697-705, 2011.

FIGUEIREDO, J.L.A; TEIXEIRA, M.M.; PIKANÇO, M.C.; PINTO, F.A.C.; PRAT, M.H. Avaliação da uniformidade de aplicação e do espectro de gotas de bicos hidráulicos. **Ciências Técnicas Agropecuárias**, La Habana, v.16, n.3, p.47-52, 2007.

GELMINI, G.A.; PELEGRINETTI, J.R.; CASTANEIRA, L.C. **Agrotóxicos e afins – Coletânea da legislação**. Tomo IV. Campinas: Coordenadoria de Defesa Agropecuária, 2002. 126p.

HIJAZI, B., DECOURSELLE, T., MINOV, S.V., NUYTENS, D., COINTAULT, F., PIETERS, J., VANGHEYTE, J. The use of high-speed imaging systems for applications in precision agriculture. **New Technologies-Trends, Innovations and Research**. p.280-296, 2012.

IOST, C.A.R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 62p. (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

JU, D., SHRIMPSON, J.S., HEARN, A. A Multi-Thresholding Algorithm for Sizing out of Focus Particles. **Particle and Particle Systems Characterization**, v.29, n.2, p.78-92, 2012.

LASMAR, O. **Qualidade da pulverização em volume reduzido para o controle do bicho-mineiro *Leucoptera coffella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae)**. 2014. 85p. (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MADUREIRA, R.P.; RAETANO, C.G.; CAVALIERI, J.D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.2, p.180-185, 2015.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432p.

MOTA, A.A.B.; ANTUNIASSI, U.R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.1, p.1-5, 2013.

MURPHY, S.D.; MORTIMER, V.; LYDON, M. 2004, Waikoloa. **Droplet Sizing and Imaging of Agricultural Sprays Using Particle/Droplet Image Analyses**. In: International Conference On Pesticide Application For Drift Management, Waikoloa, 2004. p.324-329.

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, Silsoe, v.97, n.3, p.333-345, 2007.

PARAFINIUK, S.; MILANOWSKI, M.; SUBR, A.; KRAWCZUK, A. Influence of surface tension of water on droplet size produced by flat jet nozzles. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM "FARM MACHINERY AND PROCESSES MANAGEMENT IN SUSTAINABLE AGRICULTURE", 9., 2017, Lublin. **Anais...** Lublin: University of Life Sciences in Lublin, 2017, p.295-300.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M.M.; MACIEL, C.F.S.; ALVARENGA, C.B.; FORASTIERE, P.R. espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.24, n.3, p.211-218, 2016.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M.M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R.P.; MACIEL, C.F.S.; FERNANDES, H.S. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.274-279, 2015.

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

YAN, X.; ZHAI, Z.; SONG, Z.; SHANG, S.; RAO, X. Synthesis and properties of polyester-based polymeric surfactants from diterpenic rosin. **Industrial Crops and Products**, v.108, n.14, p.371-378, 2017.

YU, Y.; ZHU, H.; FRANTZ, J.; REDING, M.E.; CHAN, K.C. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v.101, n.3, p.1-11, 2009.

ZHU, H.; DORNER, J.W.; ROWLAND, D.L.; DERKSEN, R.C.; OZKAN, H.E. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v.87, n.3, p.275-283, 2004.

CAPÍTULO 3

ESPECTRO DE GOTAS E DEPOSIÇÃO DE CALDAS COM FUNGICIDAS EM DIFERENTES PONTAS E ADJUVANTES NA CULTURA DA SOJA

RESUMO

A escolha e o uso adequado das pontas e a interação das caldas de pulverização com o alvo são essenciais para a correta aplicação. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o espectro de gotas e a deposição da calda de pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja 'Monsoy 7739 IPRO'. As análises foram realizadas em uma área de cultivo de soja no município de Anápolis - GO. O delineamento experimental foi conduzido em blocos ao acaso, com esquema fatorial $2 \times 4 \times 2 + 2$ (pontas x adjuvantes x concentrações + testemunhas), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas pontas (CVI 11002 e TVI 800075), quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]), duas concentrações dos adjuvantes (100 e 150%) e a testemunha (água + fungicida) sem a adição de adjuvante, aplicada com as diferentes pontas. Foram avaliadas as seguintes características: o espectro de gotas, a deposição e a cobertura da calda. Os dados originados das análises foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$), e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey ($P < 0,05$). Para as análises estatísticas foi utilizado o Software SISVAR 5.6. A ponta TVI 800075 (jato cônico vazio com indução de ar) gerou espectro de gotas mais uniforme e menor Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV). O aumento da concentração dos adjuvantes à calda de pulverização aumentou o DMV da calda com o adjuvante Break-Thru[®], na parte superior da planta. O aumento da concentração dos adjuvantes à calda não ampliou a deposição. A adição de adjuvantes as caldas melhoraram a cobertura na parte superior da planta.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, tecnologia de aplicação, tamanho gotas.

SPECTRUM OF DROPLETS AND DEPOSITION OF SPRAY WITH FUNGICIDES IN DIFFERENT NOZZLES AND ADJUVANTS IN SOYBEAN CROP

ABSTRACT

The choice and proper use of the nozzle and the interaction of the spray grout with the target are essential for the correct application. In this context, the objective was to evaluate the droplet spectrum and the deposition of the spray with the use of adjuvants in the soybean 'Monsoy 7739 IPRO'. The analyzes were carried out in a rural area of soybean cultivation in the municipality of Anápolis - GO. The experimental design was conducted in randomized blocks, with a factorial scheme $2 \times 4 \times 2 + 2$ (nozzles x adjuvants x concentrations + controls), with four replications. The treatments consisted of two nozzles (CVI 11002 and TVI 800075), four adjuvants (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] and Orix[®]), two adjuvant concentrations (100 and 150%) and control (Water + Fungicide) without the addition of adjuvant, applied with the different nozzles. The following characteristics were evaluated: the droplet spectrum, the deposition and the coverage of the spray. The data originated from the analyzes were submitted to analysis of variance ($P < 0.05$), and when significant the Tukey test ($P < 0.05$) was applied. The SISVAR 5.6 software was used for statistical analysis. The nozzle TVI 800075 (empty conical jet with air induction) generated more uniform droplet spectrum and smaller Volumetric Median Diameter (DMV). The increase in the concentration of the adjuvants to the spray syrup increased the DMV of the solution with the Break-Thru[®] adjuvant at the top of the plant. Increasing the concentration of the adjuvants to the solution did not increase the deposition. The addition of adjuvants to the solutions improved the coverage in the upper part of the plant.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, application technology, size droplets.

6.1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma planta originária do nordeste da Ásia (China e regiões adjacentes) cuja disseminação do Oriente para o Ocidente se deu através das navegações (CHUNG e SINGH, 2008). O crescimento da cultura no Brasil esteve sempre associado aos avanços científicos e a disponibilização de novas tecnologias ao setor produtivo. A evolução do sistema de mecanização e a introdução de cultivares altamente produtivas adaptadas às diversas regiões, bem como o desenvolvimento de sistemas de manejo do solo, adubação, manejo de pragas e doenças, além da identificação dos fatores responsáveis pelas perdas na colheita e no transporte, foram avanços que impulsionaram o cultivo da soja no país (FREITAS, 2011), sendo a principal *commoditie* agrícola de exportação brasileira (RAUCCI et al., 2015).

Apesar do alto potencial de produção e alta disponibilidade de variedades de soja com características que permitem sua adaptação às diferentes regiões, observa-se, por vezes, baixa e irregular produção. Isso é atribuído, entre outros fatores, à ocorrência de plantas daninhas e aos ciclos constantes de pragas e patógenos durante o desenvolvimento da cultura (YOKOMIZO et al., 2013).

Os prejuízos são agravados quando várias doenças incidem simultaneamente na lavoura. Dados sobre danos causados por doenças na cultura são bastante variáveis, especialmente porque diversos fatores interferem no estabelecimento e desenvolvimento das epidemias, tais como: condições ambientais, maior ou menor suscetibilidade das cultivares, agressividade dos patógenos e época do início da infecção. Neste contexto, o controle químico tornou-se uma ferramenta fundamental para a proteção do potencial genético de plantas.

As doenças fúngicas necessitam de uma deposição do ingrediente ativo dentro do dossel, sendo uma condição básica para o controle efetivo das doenças, e à medida que o ciclo da cultura progride, alcançar as camadas inferiores do dossel torna-se um desafio cada vez maior (TORMEN et al., 2012; BERGER-NETO et al., 2017). Neste sentido, uma deposição eficiente do fungicida no alvo pode depender da escolha correta das pontas de aplicação, das propriedades físico-químicas da calda e a técnica utilizada, sendo a ponta um dos componentes mais importantes em um sistema de pulverização hidráulica, uma das responsáveis pelo espectro de gotas.

Para o cultivo de soja, as pontas que produzem o espectro de gotas finas são amplamente utilizadas. Entretanto, se o produto apresenta uma alta mobilidade na planta (produto sistêmico) não são necessários níveis elevados de cobertura. Portanto, pode ser usada

uma ponta que produza gotas maiores, que tem por vantagem a redução de perdas de produto por deriva, como pontas de pré-orifício e de indução de ar (CUNHA et al., 2018). Berger-Neto et al. (2017) mostraram que as pontas de indução de ar foram eficientes no controle das doenças da soja. Baio et al. (2016) obtiveram bons resultados de deposição de calda em diferentes extratos de plantas de soja com este tipo de pontas.

Segundo Jesus (2014), quanto maior o comprimento da lâmina líquida, antes da fragmentação das gotas, menores serão as gotas produzidas. E a espessura do filme líquido e seu desmembramento estão relacionados com a composição da calda. Segundo Quin et al. (2010), apesar dos parâmetros de seleção da ponta serem fatores chave para definir o espectro, as propriedades físicas da solução pulverizada também têm efeitos significativos sobre a distribuição de tamanhos de gota para vários tipos de pontas.

Com isso, o uso de adjuvantes pode se tornar uma estratégia importante para alcançar maior eficiência de controle pela aplicação de produtos fitossanitários. Baio et al. (2015) constataram que o adjuvante surfactante siliconado proporcionou redução na tensão superficial em 3,6 vezes, aumentando o espalhamento da calda sobre a superfície foliar em 13,5 vezes. Jesus et al. (2017) constataram que o uso de óleo mineral em caldas fungicidas pulverizadas com ponta jato plano padrão resultou em um aumento do DMV (diâmetro da mediana volumétrica) das gotas.

Nas aplicações de líquidos, em pulverização, o diâmetro das gotas determina o nível de cobertura e também estabelece o seu comportamento quanto à distância de deslocamento, risco de deriva, penetração no dossel, perda por evaporação e, conseqüentemente, a porcentagem de calda e volume total aplicado, que permanece no alvo (OLIVEIRA et al., 2007), o que torna importante conhecer a relação entre tamanho da gota, penetração no dossel e eficácia da deposição.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar o espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica de jato plano padrão e de jato cônico vazio com indução de ar, submetidas a diferentes composições de calda, na cultura da soja.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1. Local do Experimento

O experimento foi realizado na safra 2017/2018, em lavoura comercial de soja, na Fazenda Barreiro, com latitude Sul de 16°19'15,06", longitude Oeste de 48°50'23,69" e altitude média de 1018 m, no município de Anápolis - GO. O clima desta região é do tipo AW tropical úmido, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso. A temperatura média do ar é 22,2°C e uma pluviosidade média anual de 1441 mm.

6.2.2. Delineamento Experimental

O delineamento experimental para avaliar o espectro e deposição da calda foi em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial de tratamentos 2 x 4 x 2 + 2 (pontas x adjuvantes x concentrações + testemunhas), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas pontas: CVI 11002 (jato plano padrão), TVI 800075 (jato cônico vazio com indução de ar), quatro adjuvantes (Break-Thru[®], Haiten[®], Iharaguen-S[®] e Orix[®]), duas concentrações dos adjuvantes (100% e 150%) e o tratamento adicional, constituído pela calda testemunha, que continha água e fungicida, sem adição de adjuvante, sendo utilizada para cada ponta.

6.2.3. Cultivar

A cultivar de soja utilizada foi a 'Monsoy 7739 IPRO', semeada no espaçamento entre fileiras de 0,50 m. Apresenta como características o ciclo médio de 100 a 120 dias, pertence ao grupo de maturidade 7.7, floração com 52 dias e de cor roxa, cor do hilo preto e da pubescência marrom, altura média das plantas de 0,70 m, hábito de crescimento semi-determinado, resistência a acamamento, resistência ao nematoide de cisto, com produção média de 72,02 sacas ha⁻¹ (MONSOY, 2016).

6.2.4. Unidade experimental

A área experimental foi constituída de quatro blocos e cada bloco composto por 18 parcelas, as quais eram constituídas com quatro linhas de cultivo de 5,0 m de comprimento e espaçadas com 0,5 m, totalizando uma área de 10 m². A área útil de cada parcela foram as duas linhas centrais, sendo eliminado 0,5 m na extremidade longitudinal dessas linhas, totalizando uma área útil de 4 m².

6.2.5. Caracterização da aplicação

As caldas de pulverização foram aplicadas no início da floração da cultura, em janeiro de 2018, 55 DAE (dias após emergência) de forma preventiva.

Na aplicação foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido com uma barra com quatro bicos espaçados entre si de 0,5 m, com as pontas de aplicação CVI 11002 (jato plano padrão), TVI 800075 (jato cônico vazio com indução de ar), todas da marca JACTO, para cada calda aplicada, conforme descrição da Tabela 1. A altura de trabalho em relação à cultura foi de 0,5 m. A velocidade de aplicação foi em média 5,7 km h⁻¹.

TABELA 1 – Pontas de pulverização utilizada, modelo e pressão

Ponta	Modelo	Pressão (kPa)
TVI 800075	Jato cônico vazio com indução de ar	137,9
CVI 11002	Leque jato plano padrão	517,1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a condução do experimento as condições meteorológicas na área apresentaram a umidade relativa do ar entre 61 a 75%, temperatura do ar entre 26,3 a 29,0°C e velocidade do vento de 1,96 a 2,92 m s⁻¹, medidos por um Termo-higro-anemômetro digital portátil modelo THAR-185, marca Instrutherm.

6.2.6. Características avaliadas em campo

6.2.6.1. Depósito do traçador

A deposição da calda de pulverização foi quantificada por meio de uma solução traçadora adicionada à calda, constituída do corante alimentício Azul Brilhante (*FD&C Blue*

n.1) catalogado internacionalmente pela *Food, Drug & Cosmetic*, na proporção de 340 kg ha⁻¹, conforme metodologia adaptada de Palladini et al. (2005).

Para a avaliação da deposição nos terços superior e médio da soja foram coletadas ao acaso duas folhas de cada terço da planta, em cinco plantas diferentes por parcela, respeitando a área útil. A deposição no solo foi coletada com lâminas de vidro, com dimensões de 0,10 x 0,10 m, posicionadas no solo abaixo das plantas da área útil. As folhas e as lâminas de vidro foram armazenadas de acordo com a altura e o terço correspondente de cada parcela, em sacos plásticos (PVC), que foram fechados e acondicionados em recipientes providos de isolamento térmico e luminoso e em seguida transportados para o laboratório de Engenharia Agrícola do Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas - UEG, onde foi removido o depósito das folhas usando-se 100 mL de água deionizada para cada amostra. Desta solução formada, foi quantificado o corante por absorvância em espectrofotometria, que consiste na determinação da concentração de uma substância pela medida da absorção relativa da luz. Sendo usado o espectrofotômetro da marca Bioespectro, modelo SP-220, com lâmpada de tungstênio com vapor de halogênio e cubetas de vidro com caminho óptico de 10 mm, no comprimento de onda de 630 nm para o azul brilhante.

Após a retirada do depósito das folhas, elas foram fotografadas sobre superfície de cor branca e quantificadas sua área foliar. A máquina fotográfica utilizada foi da marca Sony, modelo Cyber-Shot, com resolução de 7,2 megapixels, à altura de 0,45 m. A área foliar foi medida utilizando o programa computacional ImageJ (NIH, 2012).

Para obtenção do depósito na planta, foi feita a curva de calibração do espectrofotômetro, a partir de soluções com concentrações conhecidas do corante, que gerou uma equação de regressão, conforme Figura 1.

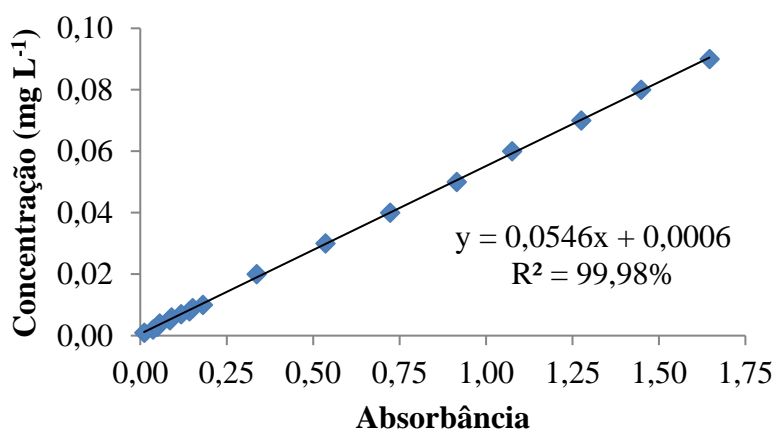


Figura 1 – Curva de calibração para concentrações conhecidas do corante Alimentício Azul Brilhante (*FD&C n° 1*)

Os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L^{-1}) e de posse da concentração inicial (mg L^{-1}) e do volume de diluição das amostras (100 mL), foi determinado o volume retido nos terços inferior, médio e no solo, de acordo com a Equação 1. A partir deste resultado, o mesmo foi dividido pelo valor da área foliar da amostra avaliada, obtendo-se, assim, a quantidade em $\mu\text{L cm}^{-2}$ de folha.

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \quad (1)$$

Em que:

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

V_i = volume retido pelo alvo (mL);

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

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

6.2.6.2. Espectro de gotas

Para a obtenção do espectro de gotas proporcionado pelas aplicações foram utilizadas etiquetas de papel hidrossensível, com dimensões de 76 x 26 mm, da marca Syngenta. Três etiquetas foram alocadas por parcela, em alturas definidas de acordo com a altura da planta em cada tratamento, utilizando-se uma haste metálica colocada em meio à linha de cultivo, fixando as etiquetas no terço médio e superior e no solo.

Logo após a aplicação em cada bloco as etiquetas foram coletadas e protegidas dentro de envelopes de papel, devidamente identificados, sendo então levados para o laboratório, onde foram escaneadas utilizando a resolução de 600 dpi, em scanner marca Epson, modelo TX200. A análise das etiquetas de papel hidrossensível foi feita utilizando o programa computacional “CIR” (Conteo y tipification de impactos de pulverización) versão 1.5 (INTA, 2002).

6.2.7. Análise estatística

Os dados originados das análises foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$), e quando significativos foi realizado o teste de Tukey ($P < 0,05$), para a comparação de médias dos tratamentos. Para as análises estatísticas foi utilizado o SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias estatísticas relativas às variáveis analisadas são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 do apêndice A, constatando que as variáveis DMV (Diâmetro da Mediana Volumétrica), DMN (Diâmetro da Mediana Numérica), AR (Amplitude Relativa), % volume de gotas < 100 µm (percentagem do volume de gotas menores de 100 µm), deposição e cobertura foram influenciadas pelos tratamentos utilizados.

6.3.1. Espectro de gotas

O DMV auxilia a compreensão dos resultados de deposição na cultura da soja, que está associada, dentre outros fatores, ao espectro de gotas. O diâmetro da mediana volumétrica (DMV) no terço superior da planta apresentou valores superiores para a ponta CVI 11002, com 577,49 µm, conforme Tabela 2. Cunha et. al (2016) avaliando a aplicação em soja, com a ponta TVI 8002 encontraram valores de DMV variando de 422,75 a 610,71 µm em diferentes pressões. O valor encontrado neste trabalho está dentro da faixa encontrada por esses autores, com 425,09 µm para a ponta TVI 800075, no terço superior.

Para os adjuvantes, o Inharaguen[®] quando aumentado a sua concentração resultou em uma diminuição do DMV, ao contrário do adjuvante Break-Thru[®], que resultou em um aumento do DMV. O adjuvante Break-Thru[®] na concentração de 150% apresentou o maior DMV. Para os outros adjuvantes a concentração não interferiu nos valores de DMV. Essas diferenças constatadas podem estar relacionadas com fatores intrínsecos às moléculas dos adjuvantes e sua interação com a calda fungicida.

No terço médio da planta (Tabela 3) o valor médio de DMV foi de 340,86 µm, não havendo diferença dos fatores analisados (ponta, adjuvante e concentração).

O DMV no solo abaixo da planta, de acordo com a Tabela 4, apresentou sua maior média para a ponta CVI 11002 com 251,27 µm. Portanto, a ponta jato cônico vazio com seu sistema Venturi de indução de ar não aumentou o DMV de forma a superar o DMV das gotas da ponta leque padrão (CVI 11002). Isso significa, em termos práticos, que as caldas fungicidas ao serem pulverizadas com o modelo de ponta TVI 800075 tem maior potencial de cobrir o alvo em condições atmosféricas que propicie ao alvo captar as gotas, devido as gotas serem de menor diâmetro.

Em relação aos adjuvantes, a calda com Break-Thru[®] apresentou maior DMV que a calda com o adjuvante Inharaguen-S[®]. Esse resultado pode ser devido ao fato da característica de menor tensão superficial da calda com o adjuvante Break-Thru[®] (organosiliconado), como foi verificado pelos autores Baio et al. (2015) e Iost e Raetano (2010), podendo ter influenciado no seu DMV, pois o ângulo de contato menor devido à tensão superficial proporcionou um melhor espalhamento da gota.

Constatou-se um DMV médio cerca de 2,75 vezes maior no terço superior quando comparado ao solo para a ponta TVI 800075 e cerca de 2,29 vezes para a ponta CVI 11002.

Com base nos resultados encontrados, fica evidenciado que somente as menores gotas conseguem atingir a parte inferior (próximo ao solo) do dossel da cultura da soja.

De uma forma geral, a parte inferior apresentou gotas próximo ao tamanho recomendado, pois recomenda-se que as gotas pulverizadas sejam suficientemente grandes para não se perderem por evaporação, e pequenas o suficiente para fornecerem uma boa cobertura do alvo (NASCIMENTO et al., 2012).

TABELA 2 – Médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em μm , das gotas das caldas no terço superior da planta

Ponta	Média	
TVI 800075	425,09 B	
CVI 11002	577,49 A	
Adjuvante	100%	150%
Break-Thru [®]	563,67 Ab	707,39 Aa
Haiten [®]	540,15 Aa	433,19 Ba
Inharaguen-S [®]	523,40 Aa	374,62 Bb
Orix [®]	434,29 Aa	433,65 Ba
Ponta	Água + Fungicida	
TVI 800075	281,67 B	
CVI 11002	553,06 A	

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

TABELA 3 – Média do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em μm , das gotas das caldas no terço médio da planta

Média	340,86
-------	--------

TABELA 4 – Média do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em μm , das gotas das caldas fungicidas no solo abaixo da planta

Ponta	Média
TVI 800075	154,13 B
CVI 11002	251,27 A
Adjuvante	Média
Break-Thru [®]	277,63 A
Haiten [®]	178,40 AB
Inharaguen-S [®]	125,42 B
Orix [®]	229,35 AB

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

A Tabela 5 apresenta o diâmetro da mediana numérica (DMN) no terço superior da planta. O DMN apresentou valores superiores para a ponta TVI 800075, com 131,61 μm , quando adicionado adjuvante a calda. O adjuvante Haiten[®] aumentou o valor do DMN, de 95,25 μm , na concentração de 100%, para 146,91 μm , na concentração de 150%. Para os outros adjuvantes a concentração não interferiu nos valores do DMN.

TABELA 5 – Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas no terço superior da planta

Ponta	Média	
TVI 800075	131,61 A	
CVI 11002	110,68 B	
Adjuvante	Concentração	
	100%	
	150%	
Break-Thru [®]	117,87 Aa	128,59 Aa
Haiten [®]	95,25 Ab	146,91 Aa
Inharaguen-S [®]	130,99 Aa	110,72 Aa
Orix [®]	116,04 Aa	122,79 Aa

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

De acordo com a Tabela 6, no terço médio na concentração de 100%, o DMN da calda com o adjuvante Break-Thru[®] (121,19 μm) foi maior quando comparado ao adjuvante Haiten[®] (59,77 μm). Na concentração de 150% o DMN da calda com Break-Thru[®] foi maior que da calda com o adjuvante Inharaguen-S[®].

No solo abaixo da planta (Tabela 7) os adjuvantes Break-Thru[®] e Orix[®] apresentaram maiores valores de DMN com a ponta CVI 11002 na pulverização.

TABELA 6 – Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas no terço médio da planta

Adjuvante	Concentração	
	100%	150%
Break-Thru [®]	121,19 Aa	117,99 Aa
Haiten [®]	59,77 Ba	77,28 ABa
Inharaguen-S [®]	76,24 ABa	63,84 Ba
Orix [®]	97,49 ABa	92,96 ABa

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

TABELA 7 – Médias do diâmetro da mediana numérica (DMN), em μm , das gotas das caldas no solo abaixo da planta

Adjuvante	Ponta	
	TVI 800075	CVI 11002
Break-Thru [®]	59,81 Ab	125,25 Aa
Haiten [®]	63,81 Aa	59,83 Ba
Inharaguen-S [®]	66,64 Aa	60,69 Ba
Orix [®]	62,97 Ab	92,06 ABa

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

As médias de amplitude relativa (AR) são mostradas nas Tabelas 8, 9 e 10 nas alturas correspondentes.

No terço superior da planta (Tabela 8) as caldas apresentaram uma média de 1,02 para a AR. Quanto mais próximo de zero, mais homogêneo será o espectro das gotas.

TABELA 8 – Média da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas das caldas no terço superior da planta

Média	1,02
-------	------

No terço médio (Tabela 9) as caldas sem adjuvante (água + fungicida) apresentaram menor AR utilizando a ponta TVI 800075 na pulverização. Cunha et. al (2016) encontraram valores de AR variando de 1,107 a 1,373 para a ponta TVI 8002, valor próximo ao encontrado neste trabalho para a ponta TVI 800075, com 1,090.

Igualmente ao que ocorreu neste trabalho, Oliveira e Antuniassi (2012) não encontraram diferença entre as caldas com adjuvante e sem adjuvante para a AR.

No solo, os fatores não interferiram nos valores de AR, de acordo com a Tabela 10.

Segundo Baio et al. (2015) quanto mais uniforme o tamanho de gotas, mais técnica é considerada a aplicação.

TABELA 9 – Médias da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas das caldas no terço médio da planta

Ponta	Água + Fungicida
TVI 800075	1,09 B
CVI 11002	1,98 A

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

TABELA 10 – Média da amplitude relativa (AR) do espectro das gotas da calda no solo abaixo da planta

Média	1,63
-------	------

A interpretação dos resultados de percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm , permitem que se estime o potencial de deriva da aplicação. Quanto menor for essa percentagem, menor o risco de deriva do produto durante a aplicação.

A percentagem do volume pulverizado, composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm são apresentados nas Tabelas 11, 12 e 13. No terço superior, à calda com adjuvante Haiten[®] apresentou maior percentagem de volume de gotas menores que 100 μm (% Volume < 100 μm) quando utilizado a ponta CVI 11002, com 2,49%. Já para o adjuvante Orix[®] ocorreu o contrário, quando usada à ponta CVI 11002 o valor da % Volume < 100 μm foi menor (0,77%), conforme Tabela 11.

TABELA 11 – Médias da porcentagem do volume de gotas menores de 100 µm das caldas no terço superior da planta

Adjuvante	Ponta	
	TVI 800075	CVI 11002
Break-Thru®	0,96 Aa	0,83 Ba
Haiten®	0,89 Ab	2,49 Aa
Inharaguen-S®	1,58 Aa	0,88 Ba
Orix®	2,13 Aa	0,77 Bb

Adjuvante	Concentração	
	100%	150%
Break-Thru®	0,96 ABa	0,83 Aa
Haiten®	2,64 Aa	0,73 Ab
Inharaguen-S®	0,81 Ba	1,65 Aa
Orix®	1,55 ABa	1,35 Aa

Ponta	Água + Fungicida
TVI 800075	2,36 A
CVI 11002	0,43 B

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

Dados submetidos à transformação \sqrt{x} .

Para a calda sem adjuvante, o uso da ponta CVI 11002 diminuiu a % Volume < 100 µm, com 0,43%.

No terço médio (Tabela 12), os fatores não interferiram na % Volume < 100 µm.

TABELA 12 – Média da porcentagem do volume de gotas menores de 100 µm da calda no terço médio da planta

Média	16,94
-------	-------

Dados submetidos à transformação \sqrt{x} .

No solo abaixo da planta (Tabela 13), as caldas com o adjuvante Inharaguen-S® apresentaram uma % Volume < 100 µm de 50,25%, valor acima do encontrado para o adjuvante Orix®, com 26,67%.

Cunha et. al (2003) recomendam para uma aplicação segura uma percentagem do volume de gotas com diâmetro menor de 100 µm inferior a 15%. Portanto, a percentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 µm determina o potencial risco de deriva em uma pulverização de campo.

No solo se concentrou as maiores médias de % Volume < 100 μm , enquanto que no terço superior ficaram abaixo de 3%. Portanto, a parte inferior da planta apresentou uma deposição com gotas menores maior que a parte superior da planta.

TABELA 13 – Média da porcentagem do volume de gotas menores de 100 μm da calda no solo abaixo da planta

Adjuvante	Média
Break-Thru [®]	33,40 AB
Haiten [®]	42,88 AB
Inharaguen-S [®]	50,25 A
Orix [®]	26,67 B

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

6.3.2. Deposição

Os valores de deposição das caldas de pulverização são encontrados nas Tabelas 14, 15 e 16. As caldas com adjuvante Break-Thru[®], no terço superior da planta, apresentou uma deposição inferior ao encontrado para o demais adjuvantes, com 0,45 $\mu\text{L cm}^{-2}$, conforme Tabela 14. Tropaldi et al. (2011), observaram que não houve diferença de depósito de diferentes caldas aplicadas sobre alvos artificiais. Castro et al. (2017) verificaram diferentes comportamentos na deposição de caldas com herbicida e adjuvantes. Isto demonstra que as características químico-físicas das caldas podem influenciar diretamente sobre a deposição de caldas no alvo.

TABELA 14 – Médias da deposição, em $\mu\text{L cm}^{-2}$, das caldas no terço superior da planta

Adjuvante	Média
Break-Thru [®]	0,45 B
Haiten [®]	1,19 A
Inharaguen-S [®]	0,98 A
Orix [®]	1,14 A

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

No terço médio (Tabela 15) a calda com o adjuvante Orix[®] apresentou uma deposição maior do que quando utilizado o adjuvante Break-Thru[®], com 0,47 e 0,26 $\mu\text{L cm}^{-2}$, respectivamente.

TABELA 15 – Médias da deposição, em $\mu\text{L cm}^{-2}$, das caldas no terço médio da planta

Adjuvante	Média
Break-Thru [®]	0,26 B
Haiten [®]	0,30 AB
Inharaguen-S [®]	0,31 AB
Orix [®]	0,47 A

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

No solo abaixo da planta (Tabela 16), ao aumentar à concentração do adjuvante Haiten[®] a deposição diminuiu de 0,75 para 0,39 $\mu\text{L cm}^{-2}$. Na concentração de 100%, a calda com adjuvante Haiten[®] teve deposição maior que para os adjuvantes Inharaguen-S[®] e Orix[®].

Menores valores de deposição foram encontrados no solo abaixo da planta, comprovando assim a dificuldade de penetração do fungicida na parte inferior da planta, enquanto na parte superior houve maior quantidade de produto retida.

A adição de adjuvantes não aumentou a deposição. Diferente do encontrado neste trabalho, Ferrari et al. (2014) reportaram tendência de maior deposição no estrato inferior das folhas na cultura da soja pelo uso de surfactante devido a redução do DMV. Camolese et. al (2016) também encontraram maior deposição no estrato inferior das folhas na cultura do algodão com a caldas que continham adjuvante.

TABELA 16 – Médias da deposição, em $\mu\text{L cm}^{-2}$, das caldas no solo abaixo da planta

Adjuvante	Concentração	
	100%	150%
Break-Thru [®]	0,61 ABa	0,52 Aa
Haiten [®]	0,75 Aa	0,39 Ab
Inharaguen-S [®]	0,40 Ba	0,56 Aa
Orix [®]	0,38 Ba	0,54 Aa

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

6.3.3. Cobertura

As médias da percentagem da cobertura no terço superior, médio e no solo abaixo da planta, podem ser vistas nas Tabelas 17, 18 e 19. No terço superior à adição do adjuvante Orix[®] à calda resultou em uma menor cobertura quando comparado aos adjuvantes Break-Thru[®] e Haiten[®], na aplicação com a ponta TVI 800075, de acordo com a Tabela 17. Com a ponta CVI 11002 a calda com o adjuvante Break-Thru[®] apresentou uma maior cobertura.

Deve-se lembrar que a calda com a presença desse tipo de adjuvante (organosiliconado) tende a diminuir a tensão superficial, conforme estudos apresentados pelos autores Baio et al. (2015) e Iost e Raetano (2010), reforçando o que diz a literatura, que quanto menor for a tensão superficial menor será o ângulo de contato entre a gota e o alvo e assim maior cobertura.

Na concentração 100%, a ponta TVI 800075 apresentou maior cobertura. E para essa mesma ponta quando as caldas aumentaram a concentração para 150% dos adjuvantes a cobertura diminuiu, o que pode interferir em um menor controle das pragas. De modo geral, a concentração dos adjuvantes indicada pelo fabricante (100%) apresentou melhor cobertura para as pontas.

A adição de adjuvante à calda melhorou a cobertura da planta no terço superior, com 18,26%, enquanto a calda sem adjuvante apresentou 13,96% de cobertura.

De acordo com a Tabela 18, no terço médio o uso do adjuvante Break-Thru[®] novamente apresentou uma melhor cobertura comparando-o com os adjuvantes Inharaguen-S[®] e Orix[®].

Na concentração de 150% de adjuvante à calda e com a pulverização com a ponta TVI 800075, a cobertura foi menor do que quando utilizou-se a ponta CVI 11002, com 6,95 e 10,34%, respectivamente. A ponta CVI 11002 teve maior cobertura na concentração de 150%. Portanto, o aumento da concentração de adjuvante nas caldas quando aplicadas com a ponta CVI 11002 apresentou aumento na cobertura.

No solo abaixo da planta (Tabela 19) a calda com o adjuvante Orix[®] apresentou menor cobertura (3,53%) que a calda com os adjuvantes Haiten[®] e Inharaguen-S[®], utilizando a ponta TVI 800075. Quando utilizada a ponta CVI 11002, a calda com o adjuvante Orix[®], teve um aumento na cobertura de 3,53 para 8,89%.

Quando aumentou a concentração do adjuvante Inharaguen-S[®] a cobertura aumentou de 7,03 para 11,63%, diferente do que ocorreu para o adjuvante Haiten[®], quando aumentou sua concentração a cobertura diminuiu de 10,40 para 5,93%. Na concentração de 100% as caldas com os adjuvantes Break-Thru[®] e Haiten[®] obtiveram uma maior cobertura que a calda com o adjuvante Orix[®].

Almeida et al. (2016) citam que a cobertura requerida para a resposta do fenômeno biológico preconizado irá depender também das interações da molécula e da formulação do produto com o alvo.

TABELA 17 – Médias da cobertura, em %, das caldas no terço superior da planta

Adjuvante	Ponta	
	TVI 800075	CVI 11002
Break-Thru [®]	21,76 Aa	25,55 Aa
Haiten [®]	21,65 Aa	14,29 Bb
Inharaguen-S [®]	19,15 ABa	15,55 Ba
Orix [®]	12,63 Ba	15,54 Ba
Ponta	Concentração	
	100%	150%
TVI 800075	21,95 Aa	15,64 Ab
CVI 11002	16,79 Ba	18,67 Aa
Média		
Fatorial	18,26 A	
Água + Fungicida	13,96 B	

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

TABELA 18 – Médias da cobertura, em %, das caldas no terço médio da planta

Adjuvante	Média	
Break-Thru [®]	11,53 A	
Haiten [®]	8,78 AB	
Inharaguen-S [®]	7,13 B	
Orix [®]	6,81 B	
Ponta	Concentração	
	100%	150%
TVI 800075	9,62 Aa	6,95 Ba
CVI 11002	7,33 Ab	10,34 Aa

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

TABELA 19 – Médias da cobertura, em %, das caldas no solo abaixo da planta

Adjuvante	Ponta	
	TVI 800075	CVI 11002
Break-Thru [®]	7,16 ABa	10,76 Aa
Haiten [®]	9,44 Aa	6,89 Aa
Inharaguen-S [®]	11,04 Aa	7,61 Aa
Orix [®]	3,53 Bb	8,89 Aa

Adjuvante	Concentração	
	100%	150%
Break-Thru [®]	10,56 Aa	7,36 Aa
Haiten [®]	10,40 Aa	5,93 Ab
Inharaguen-S [®]	7,03 ABb	10,63 Aa
Orix [®]	5,06 Ba	7,35 Aa

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

6.4. CONCLUSÕES

A ponta TVI 800075 (jato cônico vazio com indução de ar) gerou espectro de gotas mais uniforme e menor Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV).

O aumento da concentração dos adjuvantes à calda de pulverização aumentou o DMV da calda com o adjuvante Break-Thru[®], na parte superior da planta.

O aumento da concentração dos adjuvantes à calda não ampliou a deposição.

A adição de adjuvantes as caldas melhoraram a cobertura na parte superior da planta.

6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D.P.; AGOSTINI, A.R.; YAMAUCHI, A.K.F.; DECARO JUNIOR, S.T.; FERREIRA, M.C. Application volumes and sizes of droplets for the application of diquat herbicide in the control of *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.34, n.1, p.171-179, 2016.
- BAIO, F.H.R.; GABRIEL, R.R.F.; CAMOLESE, H.S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v.9, n.2, p.151-161, 2015.
- BAIO, F.H.R.; PETTENAN, A.L.; CAMOLESE, H.S.; GABRIEL, R.R.F. Evaluation of spray deposits with twin flat tip with air induction in two soybean stages. **Idesia**, Arica, v.34, n.4, p.1-6, 2016.
- BERGER-NETO, A.; JACCOUD-FILHO, D.S.; WUTZKI, C.R.; TULLIO, H.E.; PIERRE, M.L.C.; MANFRON, F.; JUSTINO, A. Effect of spray droplet size, spray volume and fungicide on the control of white mold in soybeans. **Crop Protection**, London, v.92, n.2, p.190-197, 2017.
- CAMOLESE, H.S.; BAIO, F.H.R. Deposição de agrotóxicos pela pulverização noturna em volume de aplicação reduzido na cultura do algodoeiro. **Agrarian**, Dourados, v.9, n.34, p.365-373, 2016.
- CASTRO, E.B.; CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; BEN, R.; BELAPART, D.; GOMES, G.L.G.C., CASTRO, G.M. Deposição da calda e eficácia de controle de glyphosate e saflufenacil associados a adjuvantes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.16, n.2, p.103-111, 2017.
- CHUNG, G; SINGH, R.J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciencies**, Boca Raton, v.27, n.5, p.295-341, 2008.
- 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. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.6, p.761-768, 2016.
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.325-332, 2003.
- CUNHA, J.P.A.R.; VICTOR, A.P.; SALES, C.G.R. Spray deposition on soybean crop using different travel speeds and application rates. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.38, n.1, p.82-87, 2018.
- FERRARI, F.; ROGGIA, S.; FELIX, L.F. Efeito do volume de calda, adjuvante e horário de aplicação sobre a eficiência de controle de percevejos em soja. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA. 9., 2014, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p.111-118.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FREITAS; M.C.M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, p.1-12, 2011.

INTA. T&C CIR: **Conteo y tipificación de impactos de pulverización**. Versão 1.5. Buenos Aires: INTA, 2002.

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.

JESUS M.G. **Caracterização da pulverização de mistura de tanque com diferentes pontas de jato plano**. 2014. 62p. (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

JESUS, M.G.; ANTUNIASSI, U.R.; MOTA, A.A.; MOREIRA, C.A.; CARVALHO, F.K. Análise do tamanho dos filmes líquidos formados no jato de pulverização de pontas de jato plano e sua influência no diâmetro mediano volumétrico. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.32, n.2, p.110-114, 2017.

MONSOY. **M7739 IPRO**. 2016. Disponível em: <http://www.monsoy.com.br/variedades_monsoy/m7739-ipro/>. Acesso em: 15 Jan. 2018.

MOTA, A.A.B.; ANTUNIASSI, U.R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.1, p.1-5, 2013.

NASCIMENTO, A.B.; OLIVEIRA, G.M.; BALAN, M.G.; HIGASHIBARA, L.R.; ABI SAAB, O.J.G. Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.2, p.105-116, 2012.

NATIONAL INSTITUTES OF MENTAL HEALTH – NIH. **ImageJ**. 2012. Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/index.html>> Acesso em: 06 novembro de 2016.

OLIVEIRA, A.R.; BOLLER, W.; FORCELINI, C.A.; BLUM, R.; LOPES, A. Fungicidas, doses e volumes de calda no controle químico da ferrugem da folha da aveia (*Puccinia coronata f. sp. avenae*). **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.48-55, 2007.

OLIVEIRA, R.B.; ANTUNIASSI, U.R. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfactantes em pulverizações agrícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.27, n.1, p.138-149, 2012.

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

QUIN, K.; CLOETER, M.; TANK, H.; WILSON, S.; LIU, L. Modeling the spray atomization of emulsion embedded agricultural solutions. **Journal of ASTM International**, West Conshohocken, v.7, n.10, p.189-201, 2010.

RAUCCI, G.S.; MOREIRA, C.S.; ALVES, P.A.; MELO, F.F.C.; FRAZÃO, L.A.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. Greenhouse gas assessment of Brazilian soybean production: a case study of Mato Grosso State. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v.96, n.1, p.418-425, 2015.

TORMEN, N.R.; SILVA, F.D.L.; DEBORTOLI, M.P.; UEBEL, J.D.; FÁVERA, D.D.; BALARDIN, R.S. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.7, p.802-808, 2012.

TROPALDI, L.; MENDONÇA, C.; SMARSI, R.; ROSSI, R.; TOMQUELSKI, G. Deposição de caldas de herbicidas de pós emergência associados a adjuvantes na cultura do algodão. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.2, n.20, p.1-8, 2011.

YOKOMIZO, G.K.I.; DUARTE, J.B.; VELLO, N.A.; UNFRIEND, J.R. Análise AMMI da produtividade de grãos em linhagens de soja selecionadas para resistência à ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.10, p.1376-1384, 2013.

7. CONCLUSÕES GERAIS

Todas as caldas com adição dos adjuvantes reduziram os valores de tensão superficial em relação à testemunha (água + fungicida).

A ponta de pulverização CVI 11002, em condições laboratoriais, apresentou DMV favorável para a aplicação das caldas de pulverização e menor condição de deriva, com gotas de tamanho médio assim como espectro de gotas mais homogêneo.

A adição de adjuvantes a calda de pulverização não alterou o DMV e DMN de gotas. O adjuvante Break-Thru[®] apresentou menor risco à deriva e o aumento da concentração do adjuvante Orix[®] elevou a homogeneidade do espectro das gotas.

Em campo, a ponta TVI 800075 gerou gotas de menor tamanho e mais uniformes. O aumento da concentração dos adjuvantes à calda de pulverização aumentou o DMV da calda com o adjuvante Break-Thru[®], na parte superior da planta.

Os adjuvantes adicionados as caldas melhoraram a cobertura na parte superior da planta.

APÊNDICE A – SÍNTESES DE ANÁLISES DE VARIÂNCIA

TABELA 1 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN), amplitude relativa (AR), % volume gotas < 100µm (% Vol < 100 µm), deposição e cobertura no terço superior da planta para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes

Fonte de Variação	Quadrado Médio das Variáveis Analisadas						
	GL	DMV	DMN	AR	% Vol < 100 µm	Deposição	Cobertura
Bloco	3	5533,85	884,75	0,05	0,07	0,08	22,34
Tratamentos	17	75921,89	1814,80	0,04	0,44	0,43	108,91
P	1	371627,40 **	7011,76 **	0,18 NS	0,19 NS	0,15 NS	18,17 NS
A	3	135996,28 **	39,70 NS	0,04 NS	0,17 NS	1,88 **	253,30 **
C	1	12689,46 NS	2387,91 NS	0,03 NS	0,20 NS	0,34 NS	78,54 NS
P x A	3	7285,58 NS	573,77 NS	0,02 NS	0,60 *	0,07 NS	113,94 *
P x C	1	3048,97 NS	1385,61 NS	0,02 NS	0,57 NS	0,09 NS	267,73 **
A x C	3	68081,12 *	3524,80 **	0,05 NS	0,58 *	0,11 NS	61,99 NS
P x A x C	3	23939,26 NS	2233,78 NS	0,03 NS	0,29 NS	0,11 NS	12,82 NS
Test	1	147310,49 **	302,46 NS	0,02 NS	1,52 **	0,05 NS	29,26 NS
Fat x Test	1	50089,05 NS	647,72 NS	0,05 NS	0,01 NS	0,18 NS	131,58 *
Resíduo	51	20041,01	845,15	0,05	0,16	0,09	28,57
Total	71	32807,96	1078,99	0,00	0,22	0,17	47,54
Média		491,97	120,08	1,02	1,32	0,96	17,79
CV (%)		36,82	27,35	21,19	45,01	43,33	38,77

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; NS não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Ponta (P), Adjuvante (A), Concentração do Adjuvante (C), Testemunha (Test), Fatorial (Fat).

TABELA 2 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN), amplitude relativa (AR), % volume gotas < 100µm, deposição e cobertura no terço médio da planta para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes

Fonte de Variação	Quadrado Médio das Variáveis Analisadas						
	GL	DMV	DMN	AR	% Vol < 100µm	Deposição	Cobertura
Bloco	3	52006,33	1532,81	0,01	3,34	0,02	11,33
Tratamentos	17	44696,45	2388,97	0,37	5,19	0,06	31,69
P	1	146517,66 ^{NS}	472,08 ^{NS}	0,31 ^{NS}	3,26 ^{NS}	0,07 ^{NS}	4,90 ^{NS}
A	3	127155,46 ^{NS}	9341,23 ^{**}	0,44 ^{NS}	10,78 ^{NS}	0,15 [*]	74,73 ^{**}
C	1	20086,33 ^{NS}	6,90 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,47 ^{NS}
P x A	3	9438,57 ^{NS}	1904,66 ^{NS}	0,27 ^{NS}	6,45 ^{NS}	0,01 ^{NS}	13,69 ^{NS}
P x C	1	10775,22 ^{NS}	2225,72 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,00 ^{NS}	129,10 ^{**}
A x C	3	17251,70 ^{NS}	652,25 ^{**}	0,33 ^{NS}	7,04 ^{NS}	0,10 ^{NS}	12,16 ^{NS}
P x A x C	3	15129,87 ^{NS}	639,12 ^{NS}	0,23 ^{NS}	2,11 ^{NS}	0,04 ^{NS}	23,11 ^{NS}
Test	1	29104,40 ^{NS}	286,44 ^{NS}	1,57 [*]	1,05 ^{NS}	0,05 ^{NS}	17,41 ^{NS}
Fat x Test	1	46429,30 ^{NS}	9,56 ^{NS}	0,53 ^{NS}	4,48 ^{NS}	0,00 ^{NS}	15,77 ^{NS}
Resíduo	51	46404,51	1502,23	0,37	6,35	0,04	15,85
Total	71	46232,24	1715,84	0,35	5,95	0,04	19,45
Média		340,86	88,22	1,29	3,33	0,33	8,73
CV (%)		63,08	46,96	45,95	73,30	61,89	50,54

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Ponta (P), Adjuvante (A), Concentração do Adjuvante (C), Testemunha (Test), Fatorial (Fat).

TABELA 3 – Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN), amplitude relativa (AR), % volume gotas < 100µm, deposição e cobertura no solo abaixo da planta para as diferentes pontas, adjuvantes e concentrações da dose dos adjuvantes

Fonte de Variação	Quadrado Médio das Variáveis Analisadas						
	GL	DMV	DMN	AR	% Vol < 100µm	Deposição	Cobertura
Bloco	3	20356,99	1914,05	2,04	394,24	0,02	11,33
Tratamentos	17	37906,61	2391,47	1,04	893,71	0,08	31,69
P	1	150979,85 *	7157,37 **	0,09 NS	1568,95 NS	0,07 NS	4,90 NS
A	3	68735,51 *	3257,55 **	0,90 NS	1722,92 *	0,06 NS	74,73 NS
C	1	27307,98 NS	1692,40 NS	0,08 NS	471,11 NS	0,01 NS	0,47 NS
P x A	3	16613,69 NS	4520,80 **	3,52 NS	838,18 NS	0,06 NS	13,69 **
P x C	1	31421,55 NS	1473,70 NS	0,19 NS	772,84 NS	0,06 NS	129,10 NS
A x C	3	28000,71 NS	1018,04 NS	0,97 NS	1164,49 NS	0,24 **	12,16 **
P x A x C	3	11234,51 NS	751,17 NS	0,31 NS	298,72 NS	0,03 NS	23,11 NS
Test	1	55143,54 NS	1620,51 NS	0,18 NS	27,45 NS	0,00 NS	17,41 NS
Fat x Test	1	40454,99 NS	68,29 NS	0,02 NS	279,78 NS	0,06 NS	15,77 NS
Resíduo	51	22322,92	743,02	1,50	580,35	0,04	15,85
Total	71	25971,16	1187,20	1,41	647,52	0,05	19,45
Média		205,87	73,54	1,63	39,00	0,53	8,24
CV (%)		78,28	46,85	72,74	65,25	43,18	55,26

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; NS não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Ponta (P), Adjuvante (A), Concentração do Adjuvante (C), Testemunha (Test), Fatorial (Fat).