

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

**CARACTERIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO DE MISTURA DE
TANQUE COM DIFERENTES PONTAS DE JATO PLANO.**

MARCELLA GUERREIRO DE JESUS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para a obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Energia na agricultura).

BOTUCATU – SP

Julho – 2014

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

**CARACTERIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO DE MISTURA DE
TANQUE COM DIFERENTES PONTAS DE JATO PLANO.**

MARCELLA GUERREIRO DE JESUS

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Julho – 2014

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

J58c Jesus, Marcella Guerreiro de, 1989-
Caracterização da pulverização de mistura de tanque com diferentes pontas de jato plano / Marcela Guerreiro de Jesus. - Botucatu : [s.n.], 2014
vii, 62 f. : grafs., fots. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia

1. Produtos químicos agrícolas - Adjuvantes. 2. Defensivos vegetais - Tecnologia de aplicação. 3. Pulverização. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “CARACTERIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO DE MISTURA DE
TANQUE COM DIFERENTES PONTAS DE JATO PLANO”**

ALUNA: MARCELLA GUERREIRO DE JESUS

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado pela Comissão Examinadora



Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



Prof. Dr. MARCO ANTONIO GANDOLFO



Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Data da Realização: 31 de julho de 2014.

Dedico

A minha mãe Marcia Ap. Guerreiro de Jesus.

Ao meu pai Abel de Jesus Filho.

E a minha irmã Marcielle Guerreiro de Jesus.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso divino mestre pelas oportunidades de amadurecimento e aprendizado de vida que nos proporciona, pelas intuições e orientação a cada passo dado.

Agradeço aos meus pais Marcia Ap. Guerreiro de Jesus e Abel de Jesus Filho por todo amor, educação, carinho e apoio em minha jornada, a minha família pelas orações e torcida, em especial ao meu primo Vanderlei Antônio Alves Junior pela disponibilidade e parceria nas realizações das filmagens.

Ao meu tio Kleber Pereira Lanças que mostrou a importância de construirmos alicerces firmes com nossas próprias conquistas. Obrigada por todas as dicas e carinho que me incentivaram e me incentivarão a prosseguir nessa carreira tão gratificante.

Ao meu orientador Dr. Ulisses Rocha Antuniassi pela orientação, ensinamentos, motivação e oportunidades de crescimento pessoal e profissional, acima de tudo um grande amigo.

Ao professor Dr Marco Antônio Gandolfo por ser um dos primeiros motivadores em minha carreira desde os tempos de graduação e por me indicar os melhores caminhos a seguir.

Agradeço ao professor Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, pela presença, amizade e contribuição nesse trabalho de grande importância em minha vida.

Aos amigos que levo no coração Alisson Augusto Motta, Rodolfo Glauber Chechetto, Fernando Kassis, Ulisses Delvaz Gandolfo, Caio Alexandre Ferreira Morerira, Henrique Augusto Soares, Anne Caroline e Thalyson Medeiros pela ajuda e companheirismo.

A todos os amigos que me apoiaram e apoiarão ao decorrer de minha vida, em especial minha amiga Joyce Helena e Bruna Marchesi e as minhas parceiras de república, Barbara Barreto e Renata Coscolin por me fortalecer sempre com suas palavras de amor e amizade, são mais que irmãs, levarei por toda vida.

Ao meu namorado José Renato Leite Barbosa e minha sogra Raquel Lazzari Leite Barbosa por toda ajuda e incentivo nessa fase da minha vida.

Aos professores, funcionários e colegas de classe da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, que me ajudaram em mais essa formação profissional.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas	7
4.2 Pontas de pulverização.....	9
4.3 Espectro de gotas	11
4.4 Adjuvantes	12
4.5 Tensão superficial	15
4.6 Filme líquido das caldas	16
4.7 Mistura em tanque	20
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5.1 Tratamentos	22
5.2 Avaliações das propriedades físicas das caldas	25
5.3 Análises do espectro de gotas	27
5.4 Análises dos filmes líquidos das caldas	29
5.5 Análise estatística	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV)	34
6.2 Porcentagem do volume de gotas com DMV menor que 100 µm (V100)	39
6.3 Amplitude Relativa	42
6.4 Viscosidade	45
6.5 Tensão superficial	48
6.6 Filme líquido.....	50
7 CONCLUSÕES.....	55
8 REFERÊNCIAS.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos produtos utilizados (informações dos fabricantes).....	23
Tabela 2. Nomenclatura dos tratamentos com adjuvantes.	24
Tabela 3. Nomenclatura dos tratamentos com defensivos.	24
Tabela 4. Caracterização dos tratamentos com as pontas de pulverização.	24
Tabela 5. Descrição dos tratamentos (pontas, produtos e doses utilizados).....	25
Tabela 6. Coeficiente de Correlação de Pearson (p = nível de significância) entre os valores do comprimento do filme de líquido e os parâmetros do espectro de gotas da pulverização.	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Viscosímetro (Brookfield, modelo LVDV-III+) com cilindro de diâmetros 100 mm.	26
Figura 2. Analisador de partículas Mastersizer S (Malvern Instruments).....	28
Figura 3. Caixa de madeira utilizada como estrutura para a realização das filmagens.....	29
Figura 4. Recipiente para as caldas (A), distância entre a câmera e a ponta de pulverização selecionada (B), preparo das caldas (C).	30
Figura 5. Produção das fotos consecutivas e instantâneas de uma calda por meio do programa Movie Maker.	30
Figura 6. Edição das fotos para destaque dos filmes líquidos.....	31
Figura 7. Informação da medida conhecida para orientação do programa ImagemJ.....	32
Figura 8. Obtenção das medidas específicas das dez fotos coletadas anteriormente para cada calda formulada.	32
Figura 9. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos utilizando o fungicida Fox (trifloxistrobina+proticonazol), aplicados com a ponta de jato plano (XR 11002).....	35
Figura 10. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos utilizando o fungicida Aproach Prima (picoxistrobina + ciproconazol), aplicados com a ponta de jato plano (XR11002).....	36
Figura 11. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano com indução de ar (AIXR 11002).....	38
Figura 12. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano defletor (TT 11002).....	38
Figura 13. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (V100), para diferentes caldas utilizando o fungicida Fox (trifloxistrobina+proticonazol), de acordo com a ponta de pulverização XR.	40
Figura 14. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (V100), para diferentes caldas utilizando o fungicida Aproach Prima (picoxistrobina+ ciproconazol), de acordo com a ponta de pulverização XR.	40

Figura 15. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (V100), dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano defletor (AIXR 11002).....	41
Figura 16. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (V100), dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano defletor (TT 11002).....	42
Figura 17. Valores de Amplitude Relativa, nas caldas com o fungicida F, aplicados com a ponta XR.	43
Figura 18. Valores de Amplitude Relativa, para as caldas com AP mais adjuvantes, aplicados com a ponta XR.	43
Figura 19. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas utilizando o inseticida Tiamidoxam+Lambdacialotrina pulverizados com a ponta de indução de ar (AIXR).....	44
Figura 20. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas utilizando o inseticida Tiamidoxam+Lambdacialotrina aplicado com a ponta de jato plano defletor (TT).....	45
Figura 21. Valores de viscosidade (médias \pm IC5%) das caldas constituídas com o fungicida Trifloxistrobina+Proticonazol (F) em misturas com diversos adjuvantes.	46
Figura 22. Valores de viscosidade (médias \pm IC5%) das caldas constituídas com o fungicida Picoxistrobina+Ciproconazol (AP) em misturas com diversos adjuvantes.	47
Figura 23. Valores de viscosidade (médias \pm IC5%) das caldas constituídas com o inseticida Tiamidoxam+Lambda Cialotrina (EP) em misturas com diversos adjuvantes.	48
Figura 24. Valores de Tensão Superficial (médias \pm IC5%) das caldas com fungicida Trifloxistrobina+Proticonazol (F) em misturas com adjuvantes.	49
Figura 25. Valores de Tensão Superficial (médias \pm IC5%) das caldas com fungicida Picoxistrobina+Ciproconazol (AP) em misturas com adjuvantes.	49

Figura 26. Valores de Tensão Superficial (médias \pm IC5%) das caldas com fungicida Inseticida Tiamidoxam+Lambda-Cialotrina (EP) em misturas com adjuvantes.....	50
Figura 27. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo fungicida F em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização XR.....	52
Figura 28. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo fungicida AP em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização XR.....	52
Figura 29. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo inseticida EP em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização AIXR.	53
Figura 30. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo inseticida EP em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização TT.	53

1 RESUMO

A evolução dos métodos de produção de alimentos vem estabelecendo novos parâmetros na qualidade final do produto. Assim sendo programas de conscientização crescem cada vez mais para que se possibilite que as novas informações cheguem ao campo de produção. O presente trabalho teve como objetivo analisar as interações entre os produtos fitossanitários e os adjuvantes em misturas de tanque, utilizando diferentes tipos de pontas de pulverização. O ensaio foi conduzido com 15 tratamentos, constituídos de dois fungicidas, um inseticida e adjuvantes à base de óleo mineral, óleo vegetal e surfactante. Utilizou-se as pontas de jato plano (XR), com indução de ar (AIXR) e de jato plano de impacto (TT). A adição de adjuvantes nas caldas seguiu os padrões de indicação dos fabricantes dos defensivos agrícolas (adição ou não de óleo nas caldas), juntamente com as práticas de campo utilizadas pelos agricultores, representadas pela substituição parcial ou total dos óleos por adjuvantes a base de surfatantes. Para determinação da interferência dos adjuvantes nas caldas, realizaram-se quatro análises: espectro de gotas, tensão superficial, viscosidade e medição do comprimento dos filmes de líquido formados na saída do orifício das pontas da pulverização. As leituras de espectro de gotas foram realizadas por meio do equipamento analisador de partículas em tempo real (difração de laser); na avaliação de tensão superficial utilizou-se o método gravimétrico (peso da gota); a viscosidade foi analisada em viscosímetro rotativo e a avaliação do tamanho do filme líquido foi realizada por análise de imagens. As médias dos resultados obtidos em cada avaliação foram comparadas pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias, no nível de 95% de probabilidade (IC95%). Os resultados mostraram que houve aumento do DMV e redução do percentual de gotas menores do que 100 micrometros com a adição dos adjuvantes à base de surfatante em substituição parcial ao óleo nos tratamentos com Engeo Pleno, enquanto o comportamento foi inverso nas caldas com os fungicidas Fox e Aproach Prima. Essa inversão deve ser observada do ponto de vista das diferentes interações que podem ocorrer entre as formulações dos produtos fitossanitários e os adjuvantes, as quais podem resultar em comportamentos distintos. Com isso destaca-se a importância de estudos com relação às misturas de tanque, pois os resultados deste trabalho comprovaram que as interações nem sempre se comportaram da maneira esperada, com base em referências encontradas na bibliografia. Quando da aplicação com a ponta XR houve correlação negativa e significativa entre o comprimento

do filme de líquido e os parâmetros do espectro de gotas DMV e Amplitude Relativa. No caso do percentual de gotas menores do que 100 micrometros, a correlação foi positiva e significativa. As correlações não foram significativas no caso das pontas TT e AIXR.

Palavras-chave: Adjuvante, tecnologia de aplicação, filmes líquidos.

CHARACTERIZATION OF TANK MIXTURE PULVERIZATION WITH DIFFERENT FLAT FAN NOZZLES.

Author: MARCELLA GUERREIRO DE JESUS

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

2 SUMMARY

The evolution of methods of food production is setting new parameters on the final product quality. Thus, awareness programs grow increasingly which allows the new information to reach at the production field. This study aimed to analyze the interactions between fungicides and adjuvants in tank mixes, using different types of spray nozzles. The test was conducted with 15 treatments, consisting of two fungicides, an insecticide and adjuvants based on mineral oil, vegetable oil and surfactant. We used the tips jet plane (XR), air induction (AIXR) and jet impact (TT) plan. The addition of adjuvants in test solutions followed the patterns indicating the manufacturers of pesticides (addition or not of oil in the syrups), along with field practices used by farmers, represented by the partial or total replacement of oil-based adjuvant surfactants. To determine the interference of adjuvants in spray mixes, there were four analysis: spectral of droplets, surface tension, viscosity and measuring the length of the liquid film formed at the exit orifice of the spray nozzles. The readings of the droplet spectrum were using particle analyzer equipment in real time (laser diffraction); the evaluation of surface tension used the gravimetric method (drop weight); the viscosity was analyzed in rotary viscometer and the evaluation of the size of the liquid film was performed by image analysis. The average results for each evaluation were compared using the confidence interval for the differences between the ratings, at 95% probability (95% CI). The results demonstrated an increase in the DMV and reducing the percentage of less than 100 microns with the addition of surfactant adjuvants based on partial substitute for oil in treatments engeo Full drops, while the behavior was reversed in test solutions with Fox fungicides and Aproach Press. This inversion should be observed from the point of view of the different interactions that may occur between the formulations of pesticides and adjuvants, which may result in different behavior. That's confirms the importance of studies regarding tank mixes, because the results of this work showed that the interactions do not always behave as expected, based on references found in the bibliography. When

the application with the XR tip was negative and significant correlation between the length of the liquid film and the parameters of the droplet spectrum DMV and Relative Amplitude. In case the percentage of less than 100 microns drops, the correlation was positive and significant. The correlations were not significant in the case of TT and tips AIXR.

Keywords: Adjuvants, application technology, liquid films.

3 INTRODUÇÃO

O modo de se produzir alimentos está se modificando; itens antes não considerados importantes, como adjuvantes e tecnologia de aplicação estão se tornando assuntos bastante estudados. Em especial, a tecnologia de aplicação vem se destacando na produção acadêmica e científica com trabalhos que visam a conscientização de todos, buscando modificar os resultados finais e garantir produtos com menos riscos para a saúde humana e para o ambiente.

Pesquisas nessa área possibilitam a geração de informações que podem servir de base para diversas tomadas de decisões, e todos os estudos relacionados à qualidade de aplicação trazem resultados significativos para a obtenção de uma aplicação consciente e positiva.

A ponta de pulverização torna-se um dos itens de grande importância no momento da aplicação devido à sua função. A formação de gotas está diretamente relacionada com os resultados finais de uma aplicação de defensivos agrícolas, porque a eficiência neste quesito garante a chegada do produto nos alvos.

Pontas com indução de ar geram gotas maiores e diminuem risco de perdas por deriva, mas resultam em uma má cobertura e penetração do defensivo no alvo desejado, por outro lado a aplicação com as pontas convencionais obtém boa cobertura e penetração sobre o alvo, devido à produção de gotas menores. Entretanto, nestes casos pode haver aumento do risco de perdas e deriva.

Adjuvantes auxiliam de forma direta e, muitas vezes, positiva nas aplicações de defensivos agrícolas, mas deve-se levar em conta sua combinação com determinado tipo de ponta de pulverização ou produto fitossanitário. Diversos estudos

comparando as interações de pontas com diferentes tipos de adjuvantes constataram modificações nos resultados decorrentes do tipo de ponta utilizada, assim como dos componentes das caldas em questão.

O objetivo deste trabalho foi analisar as interações entre os produtos fitossanitários e os adjuvantes, quando aplicados com diferentes tipos de pontas de jato plano, considerando as análises das características físicas da calda, do espectro de gotas gerado e do processo de formação das gotas no jato de pulverização.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

A tecnologia de aplicação resume-se à correta colocação do produto desejado no alvo, com as doses necessárias e de modo economicamente viável, resultando em um menor índice de contaminação ambiental. Técnicas de aplicações vêm de conhecimentos científicos e destinam-se a minimizar os problemas na aplicação de defensivos agrícolas (ANDEF, 2013).

A diferenciação entre pulverização, que consiste em se transformar uma substância líquida em várias partículas, e aplicação, que nada mais é que a deposição dessas partículas ou gotas no alvo desejado, ajuda a estabelecer uma boa aplicação dos defensivos agrícolas (ANDEF, 2013). Outros fatores, como tipo de ponta de pulverização, espaçamento entre bicos, altura da barra, vazão das pontas e determinação do volume, influenciam, de forma direta, os resultados de uma aplicação (ANDEF, 2013).

A definição da taxa de aplicação a ser utilizada proporciona diferentes resultados, podendo melhorar a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, um dos principais componentes do desempenho operacional (ROMÁN, 2009).

A determinação do tipo de alvo a ser atingido é de fundamental importância, ou seja, saber se o alvo é uma planta daninha, uma praga ou uma doença e sua localização é indispensável para a escolha de uma técnica adequada de pulverização de defensivos agrícolas (ANTUNIASSI; BAIO, 2008).

As características dos alvos devem englobar diversos parâmetros na escolha do produto adequado, como o estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra, pilosidade, cutícula, rugosidade das folhas e arquitetura da planta, pois, dependendo do objetivo da aplicação, é necessário garantir-se uma boa cobertura e penetração. Por esse motivo, devem-se respeitar as características morfológicas e físicas do alvo e do defensivo agrícola a ser utilizado para obtenção de resultados positivos (ANTUNIASSI, 2009).

A tecnologia de aplicação está diretamente ligada à forma de ação do defensivo e às condições operacionais do pulverizador e do ambiente. Temperaturas maiores de 30°C, umidade relativa inferior a 50% e ventos acima de 10 km.h⁻¹ são desfavoráveis à aplicação agrícola. Segundo Alvarenga e Cunha (2010), muitas propriedades não levam em consideração esses parâmetros, principalmente o monitoramento climático.

Questões climáticas definem os resultados de uma aplicação de defensivos agrícolas; segundo Antuniassi (2009), o sucesso do tratamento fitossanitário exige a adequação da tecnologia de aplicação aos parâmetros climáticos. Por exemplo, a ausência de vento pode ser prejudicial à aplicação porque, devido à ocorrência de inversão térmica, as gotas não conseguem chegar até o alvo previsto por causa da camada de ar quente que sobe do solo.

Aplicações com gotas finas e a utilização de baixos volumes devem respeitar, rigorosamente, as condições climáticas; por isso, os períodos ideais para a realização das atividades são a manhã e o final da tarde, que apresentam climas mais amenos (CARVALHO, 2013).

Em situações que necessita de boa cobertura e penetração do produto no alvo aplicado deve-se utilizar ponta que produzam gotas de menor tamanho, assim sendo gotas maiores por mais que diminuam o risco de perdas por deriva devido à resistência dessas gotas a serem carregadas pelo vento ou evaporadas não resultam em uma boa aplicação de produtos de ação de contato (Antuniassi e Baio, 2008).

Cunha (2010a) constatou a ocorrência de maior deposição de gotas na parte superior das plantas porque essas folhas estão mais próximas ao ponto de lançamento das gotas. A parte basal da planta tende a ter menor deposição pela dificuldade das gotas em adentrar a parte interna do alvo. Assim sendo, gotas menores tem maior facilidade de se depositarem na parte inferior da planta, resultando em melhor cobertura e

penetração, mas sofrem perdas por deriva, por serem facilmente levadas pelo vento (ANTUNIASSI, 2004).

A ausência de inspeções nos pulverizadores pode ocasionar segundo Ebert (2012), aplicações de má qualidade; segundo Silva; Schlosser (2012), a falta de regulagem, calibração e manutenção desses equipamentos resulta em falhas que se manifestam durante a aplicação dos defensivos.

Siqueira e Antuniassi (2011) relatam a importância do projeto IPP (Inspeção Periódica de Pulverizadores), que promove no agricultor um aumento do conhecimento necessário para que ele, na hora das aplicações dos defensivos, tome as decisões mais adequadas. Esse projeto traz informações sobre o tipo de ponta a ser utilizado para determinada situação, condições climáticas propícias, ocorrência de deriva e condições em que se encontra o pulverizador, ampliando as opções de técnicas para o agricultor solucionar problemas na hora da aplicação.

Para um crescente desenvolvimento na área de pulverização de defensivos agrícolas, deve-se estimular e orientar sua correta aplicação pelos agricultores porque inspeções dos pulverizadores e assistência técnica trazem ganhos significativos tanto na redução da contaminação ambiental, como na elevação da eficiência operacional (GANDOLFO, 2013).

4.2 Pontas de pulverização

Leite e Serra (2013) relatam a importância das pontas de pulverização em relação a resultados positivos ou negativos em uma aplicação agrícola, a escolha desse item é de extrema importância em relação ao parâmetro econômico e ambiental.

Mota (2011) também destaca a importância das pontas de pulverização, como sendo o principal item do sistema hidráulico do pulverizador, estando diretamente ligadas à eficiência e qualidade da aplicação.

Pontas de pulverização promovem diferenças em vazão e tamanho das gotas, características que estão diretamente ligadas à porcentagem de cobertura e penetração da calda sobre o alvo (LEITE; SERRA, 2013).

Trabalhos envolvendo a inspeção periódica de pulverizadores concluem que 80% dos pulverizadores inspecionados apresentaram pontas desgastadas ou sem condições de uso, afetando, de forma direta, os resultados das aplicações (GANDOLFO, 2001).

Segundo Schneider et al. (2013), as pontas de jato plano convencional modelo XR 11002, devido à sua característica de fornecer gotas de médias a finas, resultaram em uma menor cobertura sobre o alvo, decorrente da perda por evaporação e deriva, sendo mais vantajoso, quando as plantas se encontraram com dossel mais aberto, utilizar pontas que geram gotas maiores porque resultam em uma aplicação mais eficiente e ambientalmente correta. Cunha (2004), porém, obteve resultados opostos, ou seja, uma maior cobertura, porque houve um aumento de pressão de trabalho devido à utilização de pontas de jato plano como a XR 11002 que causaram aumento da densidade e diminuição do tamanho das gotas.

Kaminski (2009) comprova resultados positivos na aplicação de fungicidas utilizando a ponta jato plano comum (XR). Em seu trabalho esse autor comparou pontas XR com as pontas de indução de ar (AI) e jato plano ampliado (TT), obtendo uma maior cobertura na aplicação dos fungicidas chlorothalonil e propiconazole utilizando as pontas XR, resultado positivo devido à necessidade de cobertura dos alvos pelos produtos serem de ação de contato.

Nos estudos realizados por Farinha et al. (2009), observou-se uma menor eficiência nas aplicações com a ponta TX-04 jato cônico com diâmetro de gotas muito fino, embora essa ponta apresente características que deveriam produzir uma boa penetração e cobertura. Esse resultado deve-se à perda acentuada por deriva, dado que gotas finas são mais susceptíveis a esse fenômeno.

Cunha et al. (2004) sugerem as pontas de jato plano comum como uma alternativa para se diminuir perdas com derivas em aplicações de fungicidas e inseticidas; segundo esses autores, mesmo que o espectro dessas gotas seja maior e ocasione uma perda em relação à cobertura e à penetração da calda no dossel das plantas, podem-se obter resultados satisfatórios no controle.

Segundo Farinha et al. (2009), as pontas de indução de ar (AI) com diâmetro de gotas grossas apresentaram depósitos inferiores na região basal da planta, resultado esperado, pois pontas de pulverização com características de gotas grossas têm menor penetração e menor cobertura sobre o alvo, devido à quantidade de gotas formadas e retenção dessas gotas nas partes superiores do alvo, podendo não chegar nas regiões mais baixas da planta.

As pontas de indução de ar (AI) são recomendadas para aplicação de produtos sistêmicos, pois necessitam de pouca cobertura e penetração, podendo ser mais resistentes a perdas por deriva e evaporação (MOTA, 2011). A formação dessas gotas ocorre pelo princípio de um tubo de Venturi, segundo o qual o ar entra pelo orifício lateral, ocorre um turbilhoamento de ar com líquido no interior da câmara da ponta e o ar se mantém no inteiro da gota, aumentando seu tamanho (MOTA, 2011).

Souza, Cunha e Pavanin (2012) também destacam essa característica das pontas com indução de ar, por elas produzirem gotas de maior tamanho essas gotas podem se colidir com o alvo e serem arremessadas para o solo, não realizando sua função.

As pontas de jato plano de ângulo grande TTJ, também não são recomendadas para aplicações de produtos de contato, pois seu espectro de gotas é de grosso a muito grosso e, por isso, causa uma grande perda em cobertura e penetração.

4.3 Espectro de gotas

Durante a pulverização, as gotas não são produzidas de maneira uniforme, mas se formam diversos tamanhos de gotas, independentemente do tipo de ponta utilizado. Para a caracterização do espectro das gotas toma-se como parâmetro a porcentagem de volume das gotas menores que 100 μm . Podem-se utilizar dois fatores, como o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e a amplitude relativa. Antuniassi e Baio (2008) caracterizam o DMV como diâmetro de gotas que divide o volume pulverizado em duas partes, sendo que a soma do volume das gotas de diâmetro menor deve ser igual à soma do volume de gotas maiores.

Cunha (2004) realça a importância da homogeneidade do espectro das gotas durante a aplicação de defensivos e observa que as análises de amplitude relativa, que nada mais é que um parâmetro estatístico para expressar numericamente o espectro das

gotas formadas, deve ser examinado com o DMV, quanto mais homogêneo for o espectro de gotas, mais perto do valor zero se encontrará a amplitude relativa.

Teixeira (1997) relata que as médias de DMV inferior a 250 μm ocasionam perdas por deriva, já as médias de DMV que atingem 500 μm ou mais provocam escorrimento da calda, afetando também a eficiência da aplicação.

Segundo Cunha (2004), a porcentagem de gotas menores que 100 μm possibilita encontrar o potencial de deriva da aplicação, pois, quanto menor essa porcentagem, menor o risco de deriva.

Debortoli et al. (2012) destacam que o espectro de gotas finas ou muito finas resulta em uma maior deposição do produto sobre o alvo desejado, quando ele for comparado com espectros de gotas médias a grossas.

Pontas de pulverização com dispositivos antideriva geram DMV maior, ocasionando uma menor deposição dessas gotas no interior do dossel da cultura; já a mesma ponta de pulverização sem o dispositivo antideriva produz DMV menores que ocasionam maior cobertura e penetração no interior do alvo (CUNHA, 2010 a).

Carvalho (2013) relatou a eficiência das aplicações de defensivos agrícolas utilizando gotas finas para controle de doenças como a ferrugem da soja, com resultados significativos tanto nas aplicações aéreas como nas terrestres, com destaque para a ocorrência de boa cobertura e penetração sobre o alvo.

Chechetto (2011) concluiu que pontas com indução de ar resultam em DMV maior em comparação com as pontas com pré-orifício (DG), sendo eficientes na redução de deriva.

4.4 Adjuvantes

A utilização de adjuvantes juntamente com a calda de defensivos agrícolas tem o intuito de melhorar e tornar mais segura a aplicação e diminuir, assim, os riscos de perdas para o meio ambiente (MORAIS et al., 2012).

Spanoghe et al. (2007) destacam a importância da utilização de adjuvantes não somente para as melhorias das atividades biológicas, mas também para redução da deriva, uns dos principais problemas nas aplicações.

Segundo Oliveira (2011), os adjuvantes se definem como um amplo e heterogêneo grupo de substâncias químicas que servem para auxiliar os defensivos, diminuindo o risco de perdas durante a aplicação agrícolas.

Desde muito tempo, utilizam-se adjuvantes junto à calda de defensivos, resultando em diminuição no risco de perda por deriva, menor contaminação do operador e do meio ambiente, uma maior economia nas aplicações e maior eficiência na chegada do produto ao alvo (UNDERWOOD, 2000).

A quantidade de adjuvantes utilizada em uma calda pode mudar a características da mesma. McMullan (1993) observou um aumento significativo na eficiência do herbicida testado com a utilização de uma concentração maior de adjuvantes, resultando em uma maior retenção, penetração e deposição do produto. Mas vale destacar que esse fato pode mudar de acordo com o alvo a ser atingido, ou seja, as espécies a ser pulverizada.

Oliveira (2011) relatou que as diversas funções dos adjuvantes como adesivos, tamponantes, dispersantes, emulsificantes, molhantes, espalhantes, podem ainda ajudar a diminuir a evaporação, a ocorrência de espuma na calda, a volatilização e a deriva. Um único adjuvante não desenvolve todas essas funções, mas, em associação a outros, pode apresentar múltiplas funções simultâneas (TU; RANDALL, 2003).

Mota (2011) destacou bem a diferença entre adjuvantes e aditivos, sendo que os primeiros são indicados para mistura com produtos formulados com a função de melhorar a aplicação desses, ao passo que os aditivos são produtos adicionados aos defensivos agrícolas com o intuito de melhorar sua função, durabilidade, ação e até mesmo sua produção.

Antuniassi e Baio (2008) afirmam que essa confusão em relação a esses dois termos pode gerar um uso errôneo desses compostos juntamente com a calda utilizada, causando uma menor eficiência de controle.

Os adjuvantes podem ser separados em dois grupos: os ativadores, e o grupo dos úteis ou específicos para uma função (HAZEN, 2000). No primeiro grupo citado encontram-se os surfatantes, óleos minerais, óleos de sementes metilados, derivados de silicone e fertilizantes nitrogenados. Esse grupo tem como principal função melhorar a atividade do agrotóxico, tornando mais eficiente sua absorção (PENNER, 2000).

Segundo Miller e Westra (1998), os surfatantes são os mais utilizados, com grande importância dentre os demais adjuvantes, oriunda de agentes ativadores de superfície proporciona uma melhor emulsificação, dispersão, molhamento, adesão das moléculas dos defensivos e ajuda na diminuição da tensão superficial da água (KIRKWOOD et al., 1999).

A utilização de adjuvantes é bastante significativa, pois pode mudar a composição da lâmina de líquido pulverizada, já que cada tipo de pulverização necessita de um espectro de gota (KNOCHE, 1994).

Deve-se levar em conta que os adjuvantes têm comportamentos distintos em cada tipo de aplicações e, por isso, a aplicação não deve ser considerada uma prática genérica, sem especificidade. Esse fato considera que os estudos sobre os adjuvantes nas caldas de aplicação são específicos para cada produto e formulação testada (CUNHA, 2010b).

Chechetto (2013) realça a eficiência da utilização de pontas com indução de ar junto com adjuvante à base de nonil fenol etoxilado na redução da deriva, mas observa que, ao se trocar o tipo de ponta, os resultados mudam, havendo diferença na perda do produto.

Esse fato é explicado por Miller e Butler (2000) que demonstram que a utilização de surfatantes e de pontas de indução de ar causa um aumento no DMV das gotas, minimizando problemas de perdas, mas também comprovam que a troca do tipo de ponta afeta esses resultados, tornando-os ineficientes para controle de deriva.

Segundo McMullan (2000), os adjuvantes chamados de úteis são adicionados aos tanques das caldas com o intuito de facilitar a aplicação, não alteram a eficiência dos defensivos agrícolas. São agentes compatibilizantes, depositantes, dispersantes, controladores de deriva, espumantes, condicionadores de água, acidificantes, tamponantes, corantes (marcadores) e protetores de raios ultravioletas (OLIVEIRA, 2011).

Vilela e Antuniassi (2013) demonstram, em estudos, que o espalhamento da calda pulverizada sobre o alvo não é influenciado apenas pela presença e ação do adjuvante, mas também pelo tipo de agroquímico utilizado e pela superfície a ser atingida.

4.5 Tensão superficial

A tensão superficial é de grande importância na pulverização de defensivos agrícolas, pois, por meio dela, pode-se aumentar a molhabilidade da superfície foliar e, conseqüentemente, a adesividade e retenção do produto na folha (CUNHA, 2009). Segundo TANG et al. (2008), esse fator é diretamente ligado ao ângulo que a gota pulverizada forma com o alvo, que pode ser modificado pela presença de surfatantes na calda aplicada.

Cunha (2009) destaca, ainda, outros fatores importantes da tensão superficial, que, além de melhorar a molhabilidade entre produto e alvo, também ajudam na melhoria da absorção do líquido pela superfície foliar.

A tensão superficial pode diferir de líquido para líquido. A água, por causa de sua tensão, forma gotas esféricas, cujo ângulo em contato com a superfície foliar pode resultar em uma pequena área de contato, influenciada também pela característica da superfície do alvo, resultando em um menor espalhamento do produto (KISSMANN, 1998).

Os efeitos dos adjuvantes na redução da tensão superficial da calda estão relacionados a dois parâmetros: capacidade de diminuir a tensão superficial em soluções aquosas mais concentradas e capacidade de atingir a tensão superficial mínima em soluções aquosas menos concentradas (MENDONÇA et al., 2007).

Montorio et al. (2005) realçam a importância da adição de adjuvantes nas caldas de defensivos para uma maior uniformidade do filmes líquidos formados pelas caldas pulverizadas sobre o alvo, graças ao processo de coalescência das gotas.

Azevedo (2007), porém, destaca a ocorrência de um ponto de saturação, ou seja, o efeito hipotensor aumenta com a dose de adjuvantes até certo ponto, não ocorrendo efeitos adicionais.

Cunha (2009) destaca as características de pH, tensão superficial e viscosidade como sendo as mais sensíveis nas mudanças físico-químicas em relação à adição de adjuvantes.

Adjuvantes com ação espalhante têm, em parte da sua composição, ingredientes redutores de tensão superficial (CUNHA, 2010b). Esse fator diminui o

tamanho de gotas, segundo Butter Ellis et al., (2001) não de forma segura, podendo ser influenciado pelo tipo de ponta de pulverização e pela concentração utilizada na calda.

Oliveira (2011) realizou estudos de 33 soluções de água mais vários adjuvantes e pôde observar que todos reduziram a tensão superficial em relação à água, revelando-se como uma ferramenta para aumentar a área de contato do produto com o alvo.

Diversos inseticidas em mistura com adjuvantes foram testados por Zhu (2008), que também encontrou redução da tensão superficial em relação a caldas com inseticidas isolados e água pura.

Assim sendo, Mendonça et al. (1999) observaram resultados de redução da tensão superficial e uma maior área de molhamento do alvo quando é utilizado glyphosate mais adjuvantes, em comparação com o glyphosate isolado.

Christofolletti (1999) destaca a importância da tensão superficial em diversos parâmetros da aplicação de defensivos e observa que, por exemplo, quanto maior a tensão superficial, maior será a amplitude do espectro dessa gota, afetando a cobertura e penetração da pulverização sobre o alvo.

Os adjuvantes que mais modificam a tensão superficial são da classe dos surfatantes, que atuam na superfície do alvo, mas especificamente na película de tensão superficial para facilitar a absorção da calda que entra em contato com o alvo (MOTA, 2011).

Maciel (2010) também obteve resultados positivos na redução da tensão superficial utilizando herbicidas que, em sua composição, apresentam aditivos que atuam como surfatantes. Foram eles o glyphosate Polares R e Roundup Ready, que causaram uma redução da tensão tanto quando aplicados isolados como em mistura com o Classic e água.

4.6 Filme líquido das caldas

Os filmes líquidos definem, de forma direta, o espectro das gotas produzidas. Formam-se no momento em que a calda passa pelo orifício de saída da ponta de pulverização, de modo que, quanto maior o tamanho dessa lâmina líquida formada, menor será o espectro da gota produzida e, sucessivamente, quanto menor a lâmina, maiores as gotas a serem formadas. Miller et al. (1995) revelam a influência de adjuvantes

nas caldas de pulverização e identificam a diminuição dos filmes de líquidos que resulta em gotas maiores e mais resistentes à deriva.

A estabilidade e a densidade de uma calda podem afetar de forma significativa a formação das gotas a serem pulverizadas. O conhecimento desses parâmetros modifica os resultados de uma pulverização agrícola (CUNHA et al., 2010c).

A espessura do filme líquido e seu desmembramento estão relacionados com a composição da calda: quando se utiliza um produto solúvel em água, esse fator prolonga o tamanho desse filme líquido, mas a utilização de um emulsionável diminui seu tamanho, resultando em filmes curtos. Não ocorrem modificações somente no DMV (diâmetro mediano volumétrico) das gotas, mas também é modificada a estrutura interna do jato líquido (BUTLER ELLIS et al., 1997).

Miller (2000) destaca, como o mais importante fator na determinação da formação do filme líquido, a composição da calda, que pode ser concentração solúvel, suspensão concentrada e concentração emulsionável.

Segundo Prokop e Kejklicek (2002), a influência das propriedades físico-químicas da calda pulverizada está diretamente ligada à transformação do filme líquido em gotas, influenciando no destino final dessas. Christofolletti (1999) relata a importância das características de viscosidade e tensão superficial das caldas na formação dos filmes líquidos, pois, quanto maiores forem esses valores, mais força é necessária para a realização da pulverização e, conseqüentemente, aumenta-se o espectro das gotas produzidas.

Cunha et al. (2010d) também destacam a influência da viscosidade sobre a transformação de filme líquido em gotas, porque ela modifica o escoamento da solução. Por isso, o tamanho do orifício influencia na quebra dessas gotas: quanto maior o orifício de saída do filme líquido, maior será o espectro da gota pulverizada, pela diminuição da quebra do líquido (CUNHA, 2007).

Matthews (2000) destaca que a velocidade de saída do líquido pelo orifício da ponta de pulverização é responsável por grande parte da formação das gotas, pois influencia no momento em que ocorre a quebra desse filme líquido para se desintegrar em gotas.

A utilização de pontas com indução de ar contribui de forma direta na formação de gotas maiores, diminuindo, de forma significativa, o volume pulverizado de gotas de diâmetro menor de 100 μm (MATTHEWS, 2008).

Guler et al. (2007), em estudos, demonstram a importância do orifício de saída nas pontas com indução de ar, explicando que, se não tiverem um tamanho ideal para a saída do filme líquido, pode acontecer uma interferência na formação do campo de Venturi e a calda sair pelos orifícios de entrada de ar.

Pontas com indução de ar são consideradas mais sensíveis em relação às mudanças físicas das caldas a serem pulverizadas; desse modo, seus comportamentos podem se distinguir das pontas hidráulicas convencionais, fator que ocorre devido à interação ar-líquido no seu interior (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000). A instabilidade desse tipo de ponta nas mudanças físicas pode modificar a formação dos filmes líquidos no momento da aplicação.

Butler Ellis et al. (1997) comentam também a respeito da influência da velocidade na formação dos filmes. Essa velocidade pode ser influenciada pelas características físicas da calda: no caso de soluções solúveis em água, a velocidade pode ser diminuída ao longo do jato formado no momento da pulverização e aumentada em caso de emulsões; conseqüentemente, a velocidade média do líquido pulverizado é alterada da mesma forma (MILLER et al., 1995). Essa modificação na velocidade pode ter efeito tanto na ocorrência de deriva como na retenção do produto no alvo, mesmo levando-se em conta que esse efeito não é visto necessariamente em todos os tipos de pontas (MILLER et al., 2000).

Miller et al. (2000) relatam sobre a modificação do volume de distribuição, que pode ser alterado devido às características físicas da calda, mas esse fato não é tão frequente quanto a modificação de distribuição de tamanho de gotas.

As formulações de polímeros com a característica de reduzir risco de deriva no momento da aplicação agrícola resultam em uma mudança física drástica da calda e, conseqüentemente, do seu filme líquido.

Os efeitos considerados mais drásticos na mudança física de uma calda e, conseqüentemente, no seu filme líquido formado são as características das gotas, de caldas com formulação de polímeros para reduzir riscos de deriva no momento da aplicação agrícola (CHAPLE et al., 1993).

A mudança do tipo de formulação, por exemplo, de solúvel em água para emulsionável, pode alterar os padrões de distribuição do volume, principalmente em baixas pressões (BUTLER ELLIS; TUCK, 1999).

Estudos sobre esse assunto ocorrem há muito tempo. Dombrowski e Fraser (1954) relataram que as perfurações nos filmes líquidos para a desintegração em gotas começam a partir do momento em que o tamanho das partículas se iguala à espessura do filme.

Por outro lado, a propriedade física do líquido que determina o grau de alteração do tamanho da gota não foi completamente estabelecida. O fato de os líquidos não serem homogêneos sugere que o número de partículas de emulsão é um fator na determinação da posição de quebra do filme líquido (BUTLER ELLIS et al., 1999).

Lefebvrer (1989) relata a importância da tensão superficial na determinação do tamanho das gotas, independentemente do mecanismo de pulverização utilizado.

Em relação a surfatantes, a tensão superficial é dependente do estágio de desenvolvimento do alvo, do aspecto da superfície a ser aplicada e da taxa de expansão do filme líquido, de modo que a tensão superficial, no momento em que o filme se rompe, não é conhecida (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

Dombrowski e Fraser (1954) relataram uma pequena influência na aparência dos filmes líquidos em pulverização de líquidos puros de baixa tensão superficial. Em casos de caldas com efeitos tensoativos, pode ocorrer um efeito perceptível nos filmes líquidos (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

A tensão superficial, porém, pode não ser o único fator que influencia na formação das gotas; características das superfícies ainda não identificadas podem contribuir para as mudanças no processo de rompimento dos filmes líquidos com diferentes líquidos de pulverização (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

Matthews (1999) realça a utilização de outras pontas nas aplicações agrícolas como ponta cone vazio, pré-orifício e pontas defletoras. O mecanismo de rompimento dos filmes líquidos dessas pontas é semelhante ao das pontas de jato plano, pois todas produzem filmes líquidos que se expandem rapidamente e se desintegram em gotas (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

Esses autores consideram, em geral, uma redução no tamanho de gotas em caldas com presença de emulsões e dispersões e um aumento significativo das gotas em presença de surfatantes solúveis em água, mas nos casos das pontas com indução de ar, nem sempre ocorre essa sequência (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000). Necessita-se de mais estudos com pontas desse tipo para se definirem suas características nesse aspecto;

por isso, os filmes líquidos formados pelas pontas de indução de ar são considerados menores do que os convencionais, podendo-se observar esse fato em diferentes caldas (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

4.7 Mistura em tanque

As misturas de tanque são, muitas vezes, usadas com o intuito de se aumentar o espectro de ação dos produtos e diminuir os números de aplicações; muitos agricultores optam por essa técnica visando esse objetivo (PETTER et al, 2012).

Essas misturas podem sofrer ações que se manifestam de forma aditiva (a ação da mistura de produtos é a soma das qualidades individuais de cada formulação), sinérgica (a ação da mistura é superior à soma das qualidades individuais de cada formulação) ou antagônica (a ação da mistura é inferior à soma das qualidades individuais de cada formulação), afetando ou não a resolução de problemas como doenças e causando até mesmo danos toxicológicos (IKEDA, 2013).

Silva et al. (2007) relatam que qualquer queda no desempenho das misturas de defensivos agrícolas pode ser resultado de diferentes tipos de incompatibilidade física, causada por suas formulações e interações, que resulta em formação de precipitados e em separação de fase.

A incompatibilidades entre as caldas pode ser minimizada com o uso de adjuvantes e redutores de pH de calda. A mistura de tanque com diferentes classes de defensivos agrícolas é uma prática inevitável do ponto de vista econômico. Mesmo não sendo necessário o registro de misturas, é de grande importância o conhecimento sobre os produtos a serem misturados, principalmente os de ingrediente ativo e formulações diferentes (PETTER et al., 2012).

Kagi (2013) também destaca a importância das misturas de tanque na questão econômica das aplicações agrícolas, comentando a respeito da diminuição das contaminações ambientais e do aumento do espectro de controle dos defensivos agrícolas devido a essa técnica.

A Associação Brasileira dos Defensivos Genéricos (AENDA) também relata a não necessidade de registros de misturas de tanque, mas destaca a responsabilidade do agricultor no caso dessa prática.

Os ingredientes ativos estão diretamente relacionados com as alterações físicas nas misturas, ao passo que as demais alterações químicas podem ser

geradas pela moléculas dos defensivos agrícolas (PETTER et al, 2013). Os autores ainda destacam que as características físicas como solubilidade, constante de ionização (pKa) e coeficiente de partição octanol-água (K_{wo}) são as primeiras interações que ocorrem e, somente após essas reações, ocorrerão as interações químicas.

Ikeda (2013) explica que o efeito e a seletividade das misturas dependem do tipo da espécie alvo, do estágio de desenvolvimento da planta, da formulação do produto, dos produtos em mistura e da dose a ser aplicada.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, no Laboratório de Máquinas para Pulverização do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA), Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, campus de Botucatu, São Paulo. As análises do espectro de gotas foram realizadas no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal-SP.

5.1 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pela interação entre misturas de tanque contendo produtos fitossanitários e adjuvantes com diferentes pontas de pulverização. Os produtos utilizados estão descritos na Tabela 1. As Tabelas 2 e 3 apresentam a nomenclatura adotada para a identificação desses produtos em cada tratamento.

Um total de quinze tratamentos foi composto a partir de misturas dos produtos fitossanitários com os adjuvantes, as quais foram definidas para cada tipo de ponta em função das necessidades práticas de cada tratamento. As pontas utilizadas estão descritas na Tabela 4. A ponta XR 11002 foi selecionada para os fungicidas, por oferecer gotas finas, mais adequadas ao tipo de aplicação esperada para esses produtos. As pontas TT 11002 e AIXR 11002 foram selecionadas para a aplicação do inseticida, levando-se em consideração a recomendação do fabricante para que o produto seja aplicado sempre com o menor risco de deriva possível. As pontas TT e AIXR são caracterizadas pelo espectro com

gotas maiores (grossas e muito grossas) e baixo índice de gotas menores do que 100 μm , referendando sua utilização dentro do conceito das Técnicas de Redução de Deriva (TRD).

Os adjuvantes foram selecionados dentro de cada tratamento, buscando-se a análise do desempenho da opção padrão oferecida pelo fabricante de cada produto fitossanitário (doses pré-definidas de adjuvantes à base de óleo), em contraposição a alternativas compostas pela substituição parcial ou total do óleo por produtos à base de surfatantes e outros componentes (Tabela 5).

A pressão de pulverização foi de 300 kPa para todas as pontas. As condições climáticas foram mantidas dentro das consideradas ideais, com temperaturas abaixo de 30° C e umidade relativa do ar acima de 50 %. Nas condições de laboratório o vento é considerado nulo.

Tabela 1. Caracterização dos produtos utilizados (informações dos fabricantes).

Nome comercial	Composição	Função	Formulação
Fox	trifloxistrobina+	Fungicida	Suspensão
	proticonazol		Concentrada
Aproach Prima	picoxistrobina+	Fungicida	Suspensão
	ciproconazol		Concentrada
Engeo Pleno	tiamidoxam+	Inseticidas	Suspensão
	lambda-cialotrina		Concentrada
Nimbus	Hidrocarboneto	Óleo mineral	Concentrado
	alifáticos		Emulsionável
Aureo	éster metílico de	Óleo vegetal	Concentrado
	óleo de soja	modificado	Emulsionável
In-Tec	nonil fenol	Espalhante e	Concentrado
	etoxilado	Adesivo	Solúvel
TA 35	Mistura de	Adjuvante	Concentrado
	tensoativos	multifuncional	Solúvel

Tabela 2. Nomenclatura dos tratamentos com adjuvantes.

Adjuvante	Fabricante	Abreviatura
Nimbus	Syngenta	NB
Aureo	Bayer	AU
In-Tec	Inquima	IT
TA 35 (30 mL/ha)	Inquima	TA 30
TA 35 (50 mL/ha)	Inquima	TA 50
TA 35 (75 mL/ha)	Inquima	TA 75

Tabela 3. Nomenclatura dos tratamentos com defensivos.

Defensivo	Fabricante	Abreviatura
Fox	Bayer	F
Aproach Prima	DuPont	AP
Engeo Pleno	Syngenta	EP

Tabela 4. Caracterização dos tratamentos com as pontas de pulverização.

Tipo de ponta	Pressão de trabalho (kPa)	Fabricante	Abreviatura
Jato plano comum	300	Teejet	XR
Jato plano XR c/ indução de ar	300	Teejet	AIXR
Jato plano de ângulo grande	300	Teejet	TT

Tabela 5. Descrição dos tratamentos (pontas, produtos e doses utilizados).

Tratamentos		Doses dos produtos fitossanitários e adjuvantes			
Pontas	Composição da calda	F (L p.c. ha ⁻¹)	AU (L p.c. ha ⁻¹)	TA (mL ha ⁻¹)	IT (mL ha ⁻¹)
XR	F + AU	0,4	0,2	-	-
	F + 1/2 AU + TA30	0,4	0,1	30	-
	F + TA50	0,4	-	50	-
	F + 1/2 AU + IT50	0,4	0,1	-	50
	F + IT50	0,4	-	-	50
		AP (L p.c. ha ⁻¹)	NB (L p.c. ha ⁻¹)	TA (mL ha ⁻¹)	IT (mL ha ⁻¹)
XR	AP + NB	0,3	0,6	-	-
	AP + 1/2 NB + TA30	0,3	0,3	30	-
	AP + TA50	0,3	-	50	-
	AP + 1/2 NB + IT50	0,3	0,3	-	50
	AP + IT50	0,3	-	-	50
		EP (L p.c. ha ⁻¹)	NB (L p.c. ha ⁻¹)	TA (mL ha ⁻¹)	IT (mL ha ⁻¹)
TT e	EP + NB	0,3	0,6	-	-
	EP + 1/2 NB + TA50	0,3	0,3	50	-
AIXR	EP + 1/2 NB + IT50	0,3	-	-	50
	EP + 1/2 NB + TA75	0,3	0,3	75	-
	EP + 1/2 NB + IT100	0,3	-	-	100

5.2 Avaliações das propriedades físicas das caldas

As caldas referentes a cada tratamento foram analisadas para a determinação da tensão superficial e viscosidade. Cada calda foi preparada instantes antes de sua utilização, em balões volumétricos de um litro, com duas repetições de diluição para cada tratamento, visando-se minimizar possíveis erros de dosagem.

As análises de tensão superficial (TS) foram realizadas por meio da determinação do peso de gotas (método gravimétrico), conforme a metodologia descrita por Costa (1997), Correia; Velini (2002).

Cada repetição foi constituída pela determinação do peso de dez gotas e, com dez repetições. Nos cálculos da estimativa da tensão superficial foi tomada como referência a água, a qual tem o valor de tensão superficial conhecido (72,6 mN m⁻¹). Para isso, foi feita a determinação do peso das gotas de água, seguindo-se a mesma metodologia descrita anteriormente, e a tensão superficial de cada tratamento foi calculado seguindo-se a seguinte equação:

$$TS_c = \frac{m_c \cdot TS_{\text{água}}}{m_{\text{água}}} \quad (1)$$

Em que:

TS_c = tensão superficial (mN m^{-1}) da calda avaliada;

m_c = massa média de gotas da calda;

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

$m_{\text{água}}$ = massa média de gotas de água.

A viscosidade foi determinada por meio de um viscosímetro (Brookfield, modelo LVDV-III+), equipado com cilindros de diâmetros diferentes (spindles) e determinados de acordo com a viscosidade do fluido a ser testado. No presente trabalho utilizou-se um cilindro de diâmetro externo de 100 mm (Spindle de referência S-28) com rotação de trabalho de 60 RPM, recomendada pelo fabricante, características ilustradas na Figura 1. Para a determinação dos resultados totalizaram-se seis repetições para cada tratamento e, posteriormente, por meio das médias foram determinados o desvio padrão e o intervalo de confiança para obtenção dos resultados.



Figura 1. Viscosímetro (Brookfield, modelo LVDV-III+) com cilindro de diâmetros 100 mm.

5.3 Análises do espectro de gotas

As leituras do espectro de gotas foram realizadas com o analisador de partículas Mastersize S®, Malvern Instruments Co. A passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem do aparelho possibilita a medição do diâmetro delas pela ocorrência da difração do laser de luz (SCHICK, 1997).

Camara et al. (2008) explicam que após o choque da luz com a gotas produzidas, ocasiona a difração do raio laser resultante em um ângulo de desvio que é proporcional ao diâmetro das gotas. O equipamento é constituído por um feixe de raio laser de 10 mm, comprimento de onda de 670 nm, lente focal de 200 mm e ponte óptica de base longa. De acordo com o fabricante, foram realizados ajustes no equipamento para que permitisse a avaliação das gotas de 0,5 a 900 μm . Um exaustor (tipo coifa) foi instalado na parte superior do equipamento para se evitar que gotas suspensas de poção ocasionassem duplas leituras ou se depositassem sobre as lentes do laser, afetando a exatidão das análises. Os dados foram armazenados por um software Mastersizer-S v.2.19.Ca, em um computador interligado. As leituras foram realizadas a cada dois milissegundos, resultando em 500 leituras por segundo (FERREIRA et al., 2011).

As caldas foram formuladas minutos antes das leituras, com duas repetições de diluição com dois litros de cada calda. A água destilada foi usada como solução padrão, e os tratamentos resultaram em oito repetições cada um, pelo fato de haver duas caldas por tratamento e quatro repetições por cada calda.

Obtiveram-se variáveis de DV_{0,1} (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), DV_{0,5} (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), DV_{0,9} (diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor) e o percentual do volume de gotas com diâmetro inferior de 100 μm (V₁₀₀). A amplitude relativa foi estabelecida por meio da Equação 2.

$$AR = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}} \quad (2)$$

Em que,

AR - Amplitude relativa.

DV_{0,9} - Diâmetro de gotas de 90% do volume acumulado.

DV_{0,1} - Diâmetro de gotas de 10% do volume acumulado.

DV_{0,5} - Diâmetro de gotas de 50% do volume acumulado.

Um sistema de ar comprimido constituído de um regulador de pressão com precisão de 7 kPa (0,07 bar), nesse caso, a pressão de trabalho foi de 300 kPa (3 bar). Para a obtenção da leitura de todo o jato pulverizado, utilizou-se um oscilador a fim de efetuar a movimentação da ponta e possibilitar que a pulverização se desloque de forma transversal ao laser durante a leitura. A ponta foi instalada a 40 centímetros do laser, mantendo-se essa característica durante todo o experimento. Na Figura 2, pode-se observar a estrutura do equipamento e a direção para onde ele se movimenta.



Figura 2. Analisador de partículas Mastersizer S (Malvern Instruments).

5.4 Análises dos filmes líquidos das caldas

O comprimento do filme de líquido formado no jato plano gerado em cada ponta foi analisado por meio de videografia e análise de imagens. Os testes para análises dos tamanhos dos filmes líquidos em cada calda testada foram efetuados iniciando-se com a filmagem da aplicação de cada uma em uma caixa de madeira, com comprimento, largura e altura de 1,2 metros. Na figura 3, pode-se observar a estrutura da caixa de madeira utilizada.



Figura 3. Caixa de madeira utilizada como estrutura para a realização das filmagens.

O sistema de pulverização foi instalado ao lado da caixa, constituído por uma bomba elétrica de circuito simples, com pressão máxima de 150 psi, um manômetro de 160 psi, mangueiras, recipiente para colocação das caldas e um pentajet utilizando-se três tipos de pontas de pulverização. A filmagem foi realizada com uma câmera modelo Canon EOS 5D MARK II, constituída por alta quantidade de Fps que possibilita uma melhor qualidade das filmagens, elevado ISO (boa adaptação à luminosidade baixa) e resolução de filmagem Full HD, resultando em um alto detalhamento, imagens mais limpas e com boa profundidade de análise. Os vídeos totalizaram 3,05 segundos de filmagem cada e a distância até cada ponta de pulverização foi de 0,25 metros. As caldas foram formuladas

instantes antes de serem utilizadas para se evitar qualquer alteração de sua estabilidade e condicionadas em balões volumétricos, igualmente com duas repetições de diluição para cada tratamento.

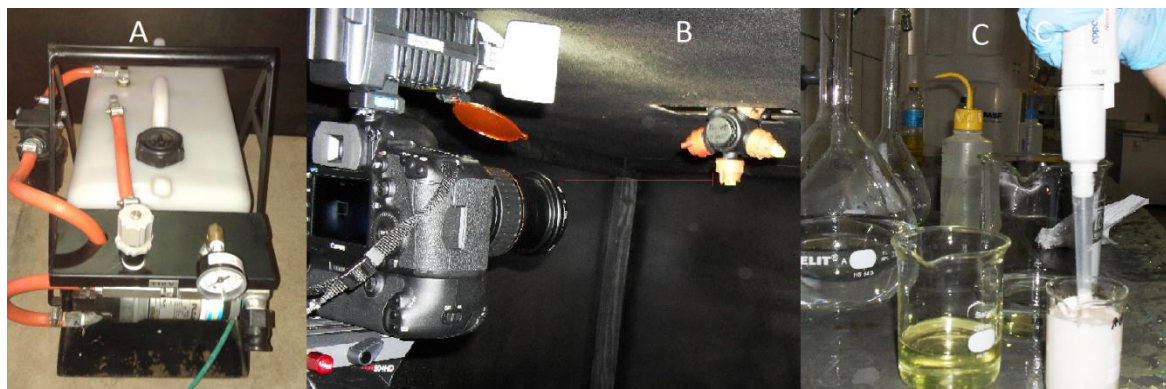


Figura 4. Recipiente para as caldas (A), distância entre a câmera e a ponta de pulverização selecionada (B), preparo das caldas (C).

O foco das filmagens foram os filmes líquidos formados no momento em que a calda passa pelo orifício de saída da ponta de pulverização. Mediante o tamanho desses filmes pode-se caracterizar o tamanho das gotas produzidas. Assim sendo, para se ter maior segurança e precisão do tamanho específico de cada filme líquido formado, foram obtidas, por meio do programa de edição Movie Maker, fotos consecutivas de cada calda filmada. Foram retiradas dez fotos de cada filmagem, observada na Figura 5.

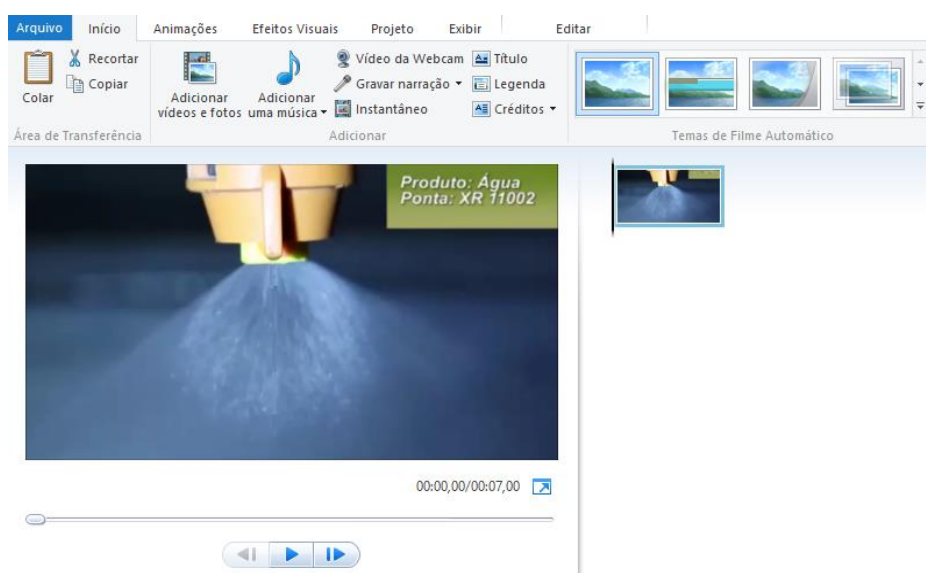


Figura 5. Produção das fotos consecutivas e instantâneas de uma calda por meio do programa Movie Maker.

Após a obtenção das fotos instantâneas, para uma melhor visualização dos filmes líquidos formados utilizou-se a edição Image Adjust Brightness/Contrast do programa ImageJ, que possibilitou a captação da imagem referente ao filme líquido com um maior detalhamento do mesmo, como se observa na Figura 6.

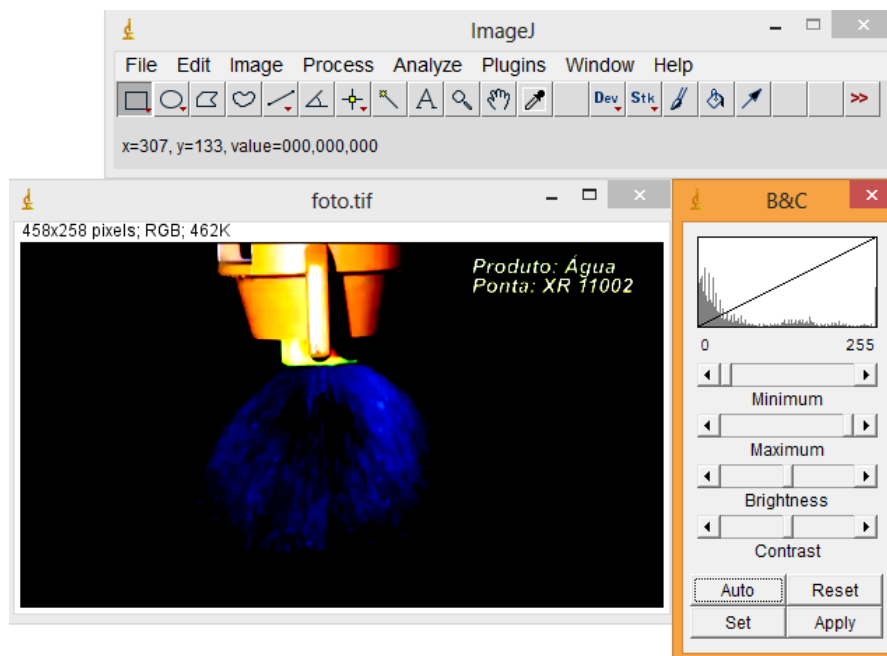


Figura 6. Edição das fotos para destaque dos filmes líquidos.

Foram obtidas as medidas das lâminas (filme líquido) por meio do programa ImageJ e foram efetuadas várias medidas das mesmas para se ter segurança com relação ao resultado. Nas leituras das medições de cada filme líquidos estimou-se uma medida conhecida para orientação do programa utilizado; o parâmetro adotado foi a ponta de pulverização e, no caso da XR, obteve diâmetro de 12 mm. Posteriormente, foram efetuadas as dez medições, uma em cada foto coletada anteriormente no programa Movie Maker. As funções são ilustradas nas figuras 7 e 8. Portanto, para cada calda analisada foram obtidas vinte medidas, relacionadas à junção da calda A e B, resultando em vinte repetições por calda.

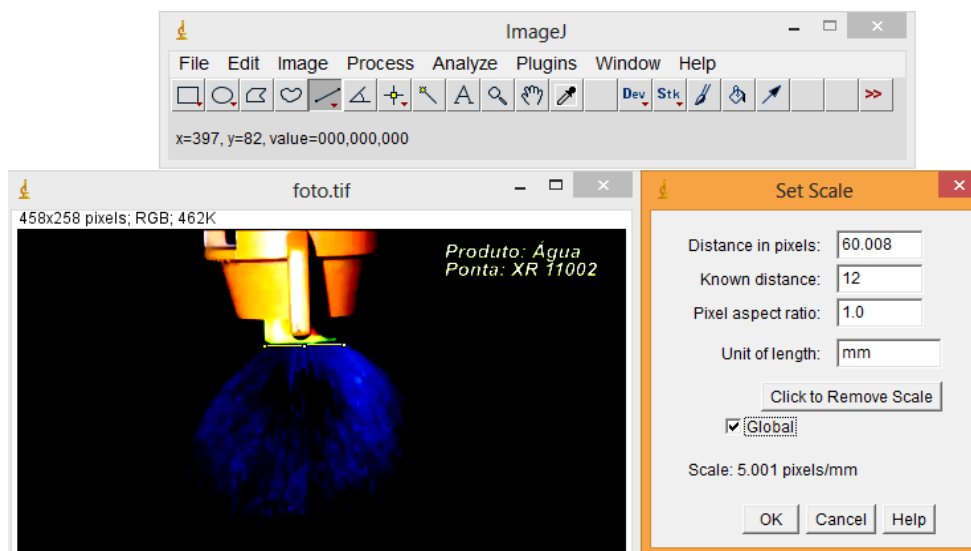


Figura 7. Informação da medida conhecida para orientação do programa ImageJ.

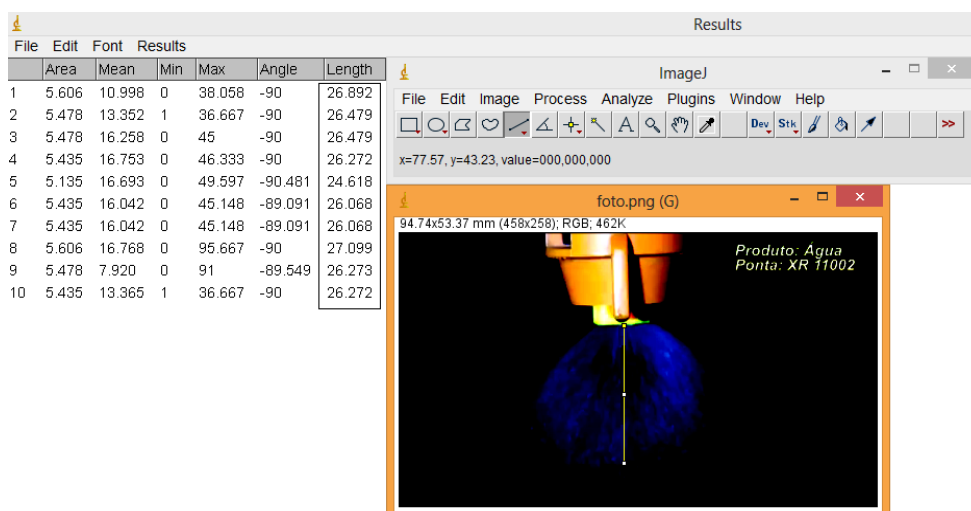


Figura 8. Obtenção das medidas específicas das dez fotos coletadas anteriormente para cada calda formulada.

5.5 Análise estatística

As médias dos resultados obtidos em cada avaliação foram comparadas pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias, no nível de 95% de probabilidade (IC95%), utilizando o *software Microsoft® Excel® 2010*.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV)

A análise do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para as caldas com o fungicida Fox (trifloxistrobina+proticonazol) encontra-se na Figura 9. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança no nível de 95%. A ponta de pulverização utilizada nesta análise foi a XR 11002, podendo-se observar que os valores de DMV variam entre 131,60 a 151,29 μm . A substituição parcial ou total do óleo pelos adjuvantes à base de surfatantes ocasionou redução do tamanho das gotas, com diferença significativa entre o padrão (Aureo) e as caldas onde TA35 e InTec foram utilizadas, de maneira isolada, em substituição ao óleo. Não foram observadas diferenças significativas entre o uso de TA35 e InTec como adjuvante alternativo ao Aureo, tanto em substituição parcial como em substituição total do óleo. Oliveira (2011), em estudos, confirma a influência dos adjuvantes na variação de DMV e também destaca a redução do diâmetro mediano volumétrico nas caldas contendo TA35. Do ponto de vista prático, a redução do tamanho das gotas poderá resultar em melhor cobertura das folhas, com potencial de melhoria do desempenho fitossanitário do tratamento. Nesse sentido, Kaminski & Fidanza (2009) destacaram a maior eficiência no controle de doenças fúngicas utilizando-se a ponta XR, porque obtiveram uma maior supressão da doença devido à produção de gotas menores e a uma boa cobertura do produto sobre o alvo.

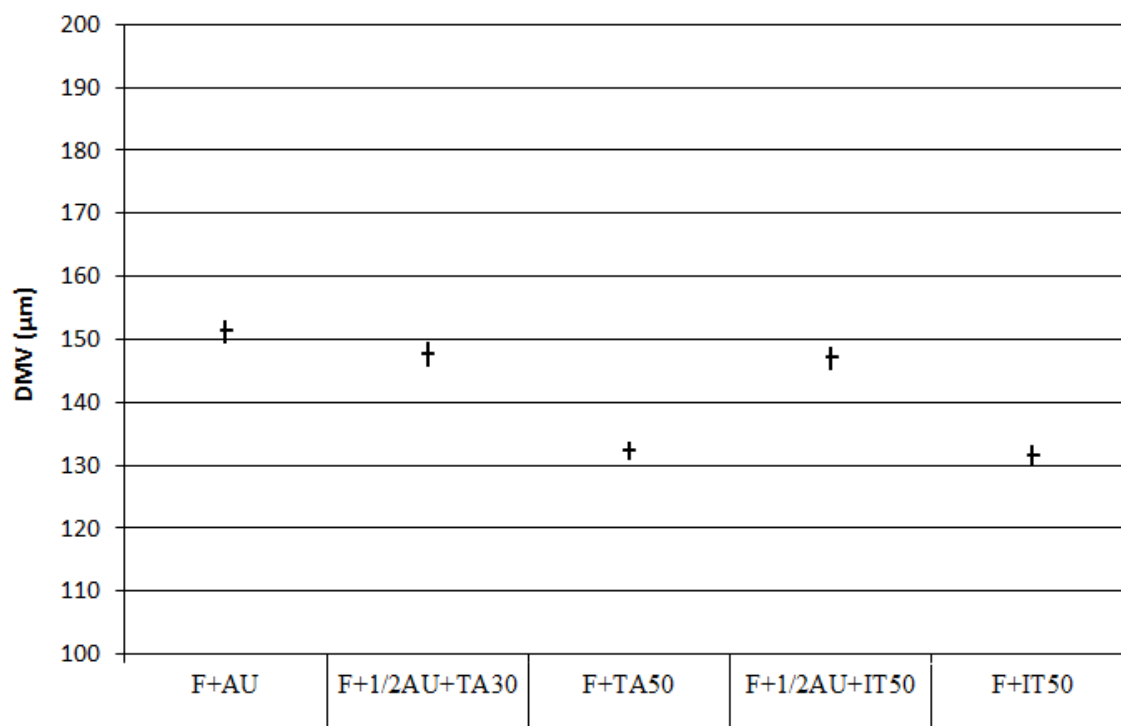


Figura 9. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos utilizando o fungicida Fox (trifloxistrobina+proticonazol), aplicados com a ponta de jato plano (XR 11002).

Na Figura 10, pode-se observar o diâmetro mediano volumétrico (DMV) das caldas constituídas com o fungicida Approach Prima (picoxistrobina + ciproconazol) em misturas com diferentes adjuvantes. Pode-se observar um menor valor de DMV para as caldas em que houve a substituição total do óleo (Nimbus) pelos adjuvantes à base de surfatantes (TA35 e InTec). Não houve diferenças no caso da substituição parcial do óleo pelos adjuvantes à base de surfatante.

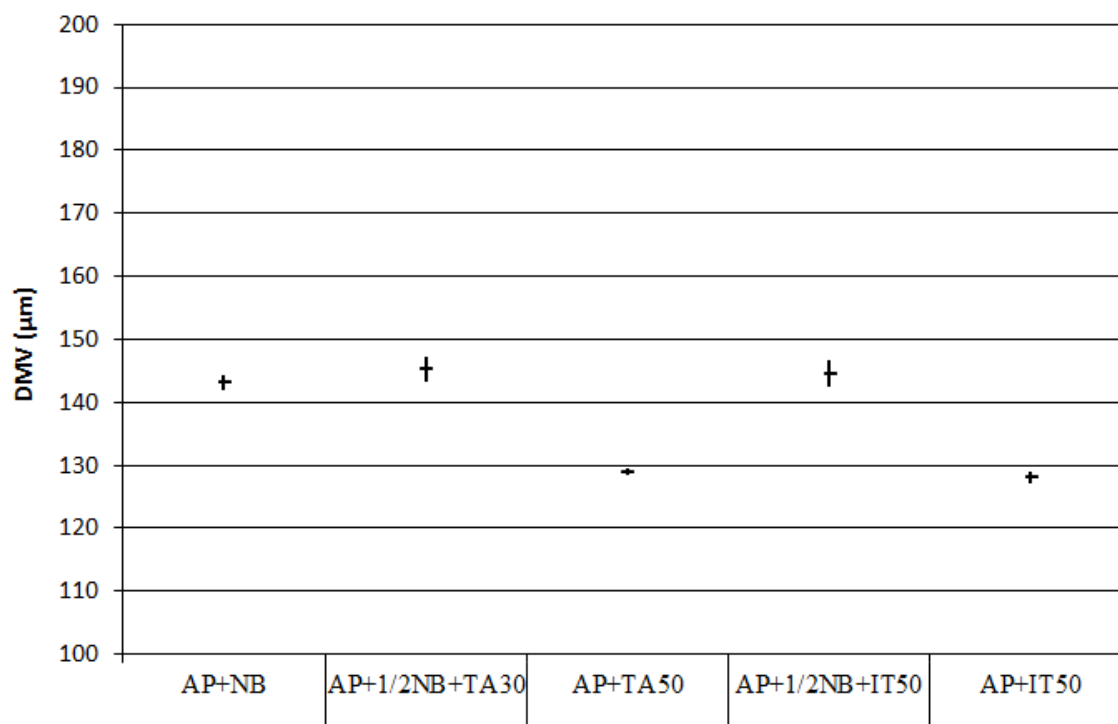


Figura 10. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos utilizando o fungicida Aproach Prima (picoxistrobina + ciproconazol), aplicados com a ponta de jato plano (XR11002).

As Figuras 11 e 12 apresentam os resultados do DMV para as caldas contendo o inseticida Engeo Pleno (tiamidoxam + lambda-cialotina). Os resultados de DMV para as pontas AIXR e TT demonstraram uma diferença significativa. A ponta AIXR (Figura 11) apresentou médias maiores de DMV, entre 285,54 a 357,10 µm, enquanto para a ponta TT (Figura 12) este valor variou entre 154,58 a 160,38. Estes resultados concordam com o trabalho apresentado por Chechetto (2011), que caracterizou as pontas com indução de ar como sendo uma técnica de redução de deriva (TRD) mais eficiente do que as pontas sem indução de ar. Nos resultados da utilização do inseticida Engeo Pleno em conjunto com adjuvantes pulverizados com a ponta de pulverização AIXR (Figura 11), observou-se que todas as caldas propiciaram aumento nos valores de DMV. Na pulverização com a ponta TT (Figura 12), pode-se observar que as caldas em que houve a adição dos adjuvantes à base de surfatante propiciaram aumento nos valores de DMV com relação ao padrão (óleo mineral Nimbus), apesar de não haver diferença do padrão para o tratamento em que o InTec foi utilizado na dose de 100 mL.ha⁻¹. Mota (2011)

explica os resultados das pontas com indução de ar pelo comportamento de adjuvantes com surfatantes com esse tipo de ponta, que pode resultar em aumento do DMV. Resultados similares foram relatados também por Cunha (2010b) e Chechetto (2011).

Na comparação entre as pontas com indução de ar e as de jato plano defletor, Cunha (2010b) também obteve resultados similares, tendo constatado que a ponta de jato plano defletor gerou um espectro de gotas mais sujeito à deriva, sendo que seu uso deve ser feito com critério, evitando-se aplicações com velocidade do vento elevada. Cunha (2010b) discute, ainda, que o efeito da adição de um adjuvante não pode ser generalizado, pois existe interação com a ponta de pulverização, o que reafirma os resultados obtidos neste trabalho.

O efeito de aumento no DMV obtido com a adição dos adjuvantes à base de surfatante em substituição parcial ao óleo nos tratamentos com Engeo Pleno representa uma inversão de comportamento, se comparado aos resultados obtidos com os fungicidas Fox e Aproach Prima. Essa inversão deve ser observada do ponto de vista das diferentes interações que podem ocorrer entre as formulações dos produtos fitossanitários e os adjuvantes e que podem resultar em comportamentos distintos, em cada caso. Esse tipo de comportamento foi descrito por Miller e Butler-Ellis (2000) e por Antuniassi et al. (2014). Por outro lado, do ponto de vista prático, esse efeito atende à demanda de redução de deriva nas aplicações do inseticida, conforme preconizado pelo fabricante, mas é esperado que a qualidade de distribuição da pulverização possa ser influenciada de maneira negativa pela presença de gotas maiores. Entretanto, dada a característica sistêmica do inseticida, assim como a questão da mobilidade das pragas, entende-se que o potencial de eficácia no tratamento fitossanitário pode ser preservado.

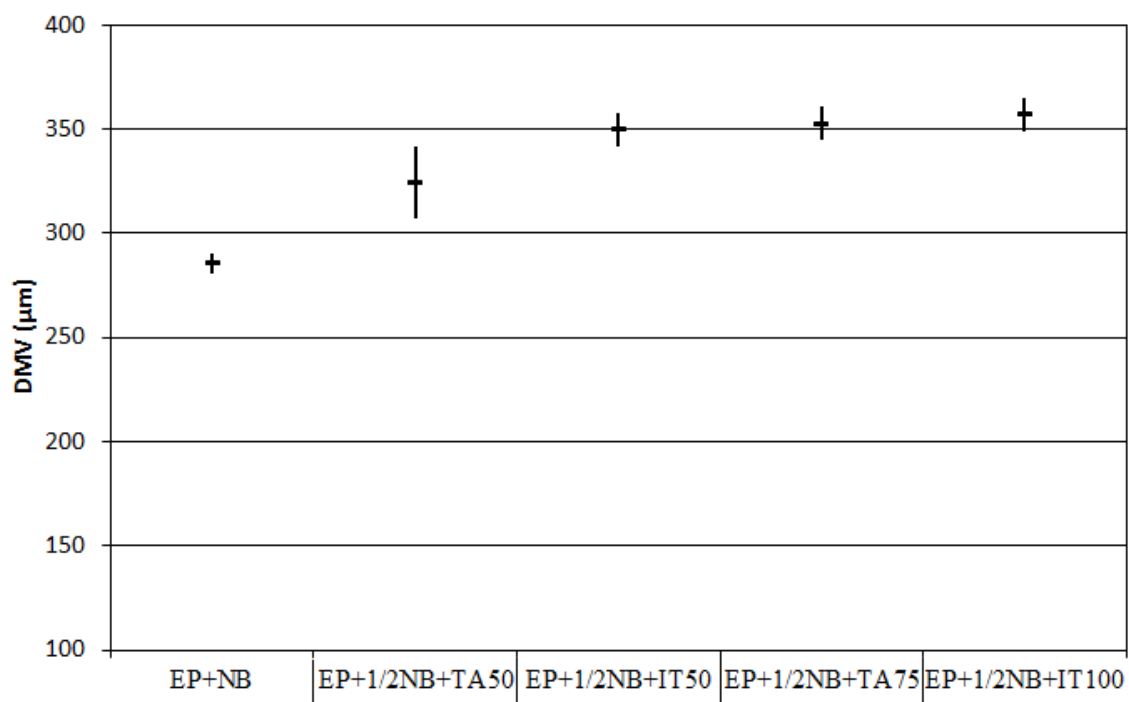


Figura 11. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano com indução de ar (AIXR 11002).

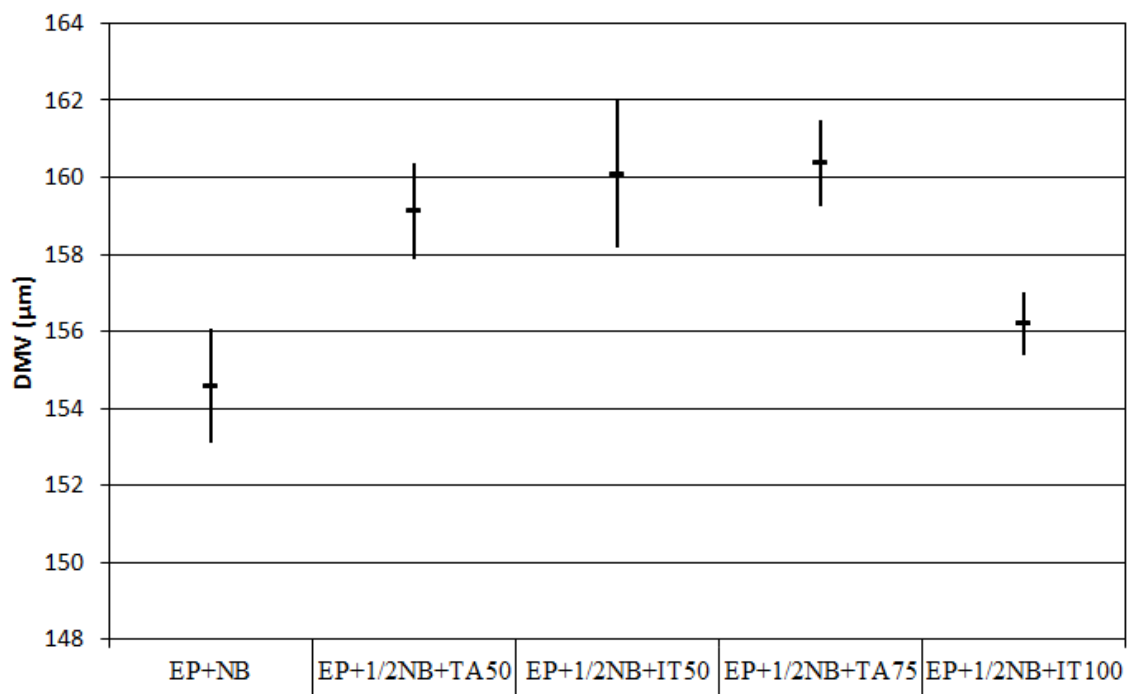


Figura 12. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano defletor (TT 11002).

6.2 Porcentagem do volume de gotas com DMV menor que 100 μm (V100)

As Figuras 13 e 14 apresentam os resultados do percentual de gotas menores do 100 μm (V100) para as caldas que utilizam os fungicidas Fox (trifloxistrobina+proticonazol) e Aproach Prima (picoxistrobina+ciproconazol), respectivamente. Observa-se que o comportamento das diferentes misturas de adjuvantes foi semelhante para os dois fungicidas, com menor V100 para as caldas em que o óleo foi mantido na mistura. Em ambos os fungicidas, a substituição total do óleo ocasionou aumento do V100, resultado que se apresenta coerente com o comportamento do DMV para todos os tratamentos. É importante observar que as caldas com um maior percentual de gotas inferiores a 100 μm podem ocasionar um potencial de aumento do risco de deriva. Porém, considerando o menor DMV desses tratamentos, ressalta-se que fica preservado o maior potencial de cobertura no caso de as aplicações serem realizadas em condições climáticas favoráveis. Ainda em relação ao V100, quanto menor essa porcentagem, menor será o risco de deriva, segundo Cunha (2004). A adição de óleo vegetal à calda a ser pulverizada aumenta o DMV, segundo Sanderson et al. (1997), que obtiveram aumento dos valores de DMV com uso do óleo em comparação com as caldas com e sem óleo em aplicações com pontas de jato plano comum, em várias pressões de trabalho, assim como obtiveram diminuição do V100, destacando o potencial do óleo na redução da deriva.

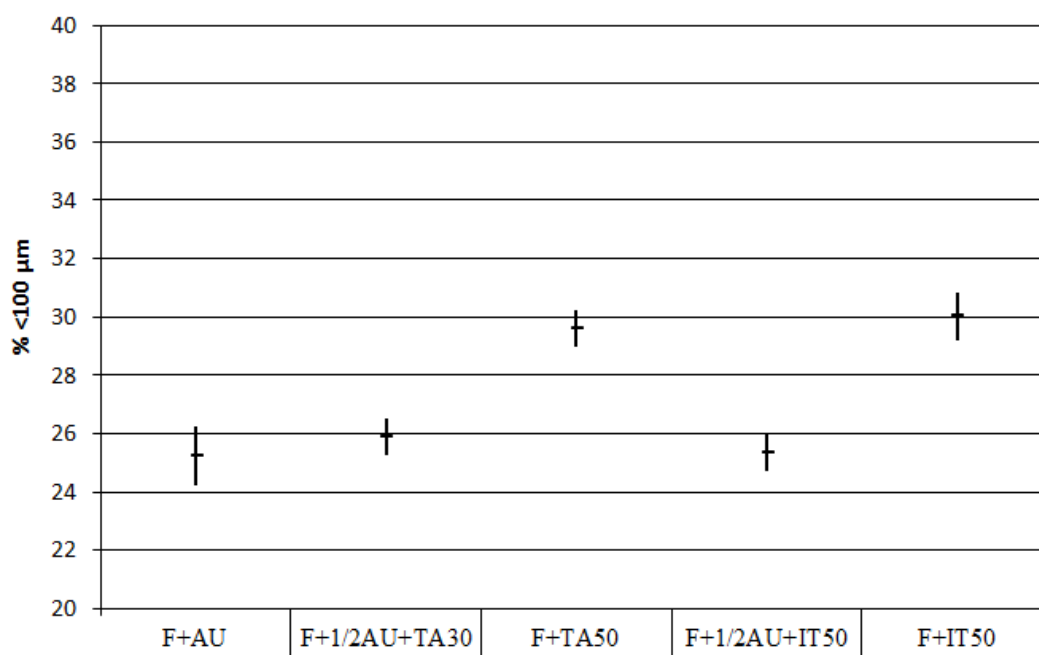


Figura 13. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm (V100), para diferentes caldas utilizando o fungicida Fox (trifloxistrobina+proticonazol), de acordo com a ponta de pulverização XR.

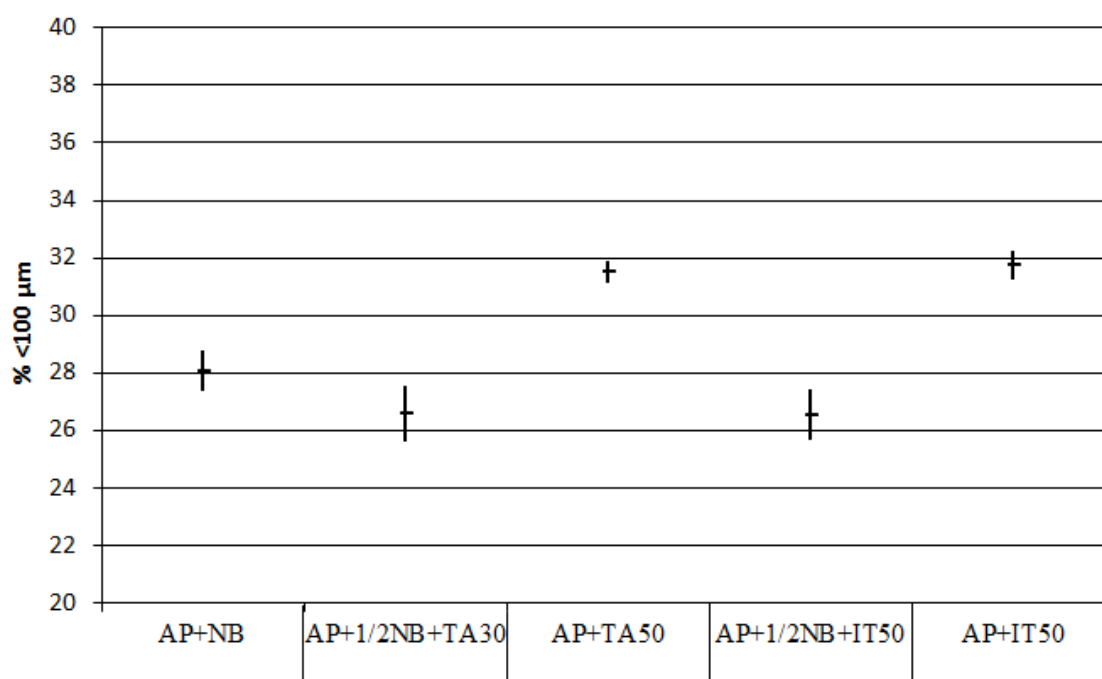


Figura 14. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm (V100), para diferentes caldas utilizando o fungicida Aproach Prima (picoxistrobina+ciproconazol), de acordo com a ponta de pulverização XR.

As Figuras 15 e 16 apresentam os resultados do percentual de gotas menores do 100 μm (V100) para as caldas que utilizam o Engeo Pleno com as pontas AIXR e TT, respectivamente. Observa-se que o comportamento das diferentes misturas de adjuvantes foi semelhante para as duas pontas, com menor V100 para as caldas em que o óleo foi substituído parcialmente na mistura. Em ambos os casos, a substituição do óleo ocasionou redução do V100, resultado que se apresenta coerente com o comportamento do DMV para todos esses tratamentos. De maneira análoga aos resultados de DMV, observou-se para o V100 a mesma inversão de comportamento entre os fungicidas e o inseticida, o que reforça o efeito diferente que as diferentes formulações podem ocasionar no espectro de gotas gerado.

Outro resultado que deve ser destacado é que a pulverização com pontas AIXR manteve níveis de porcentagens de %vol.<100 μm abaixo de 8%, em comparação com valores maiores que 20% para as pontas TT. Isso reforça o posicionamento das pontas com indução de ar como TRD's. Resultado similar também foi encontrado por VIANA et. al. (2010), no qual a ponta de indução de ar manteve esse padrão. Segundo Cunha (2003), os valores abaixo de 15% para V100 são adequados para aplicações seguras, com menor risco de deriva.

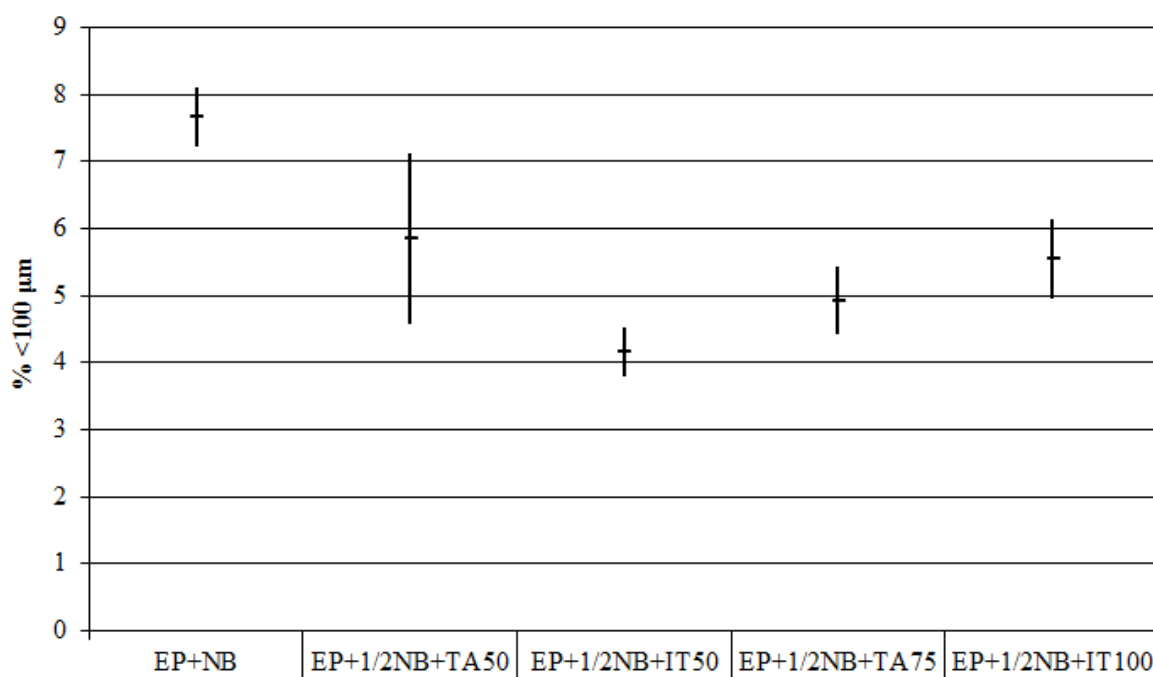


Figura 15. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (V100), dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano defletor (AIXR 11002).

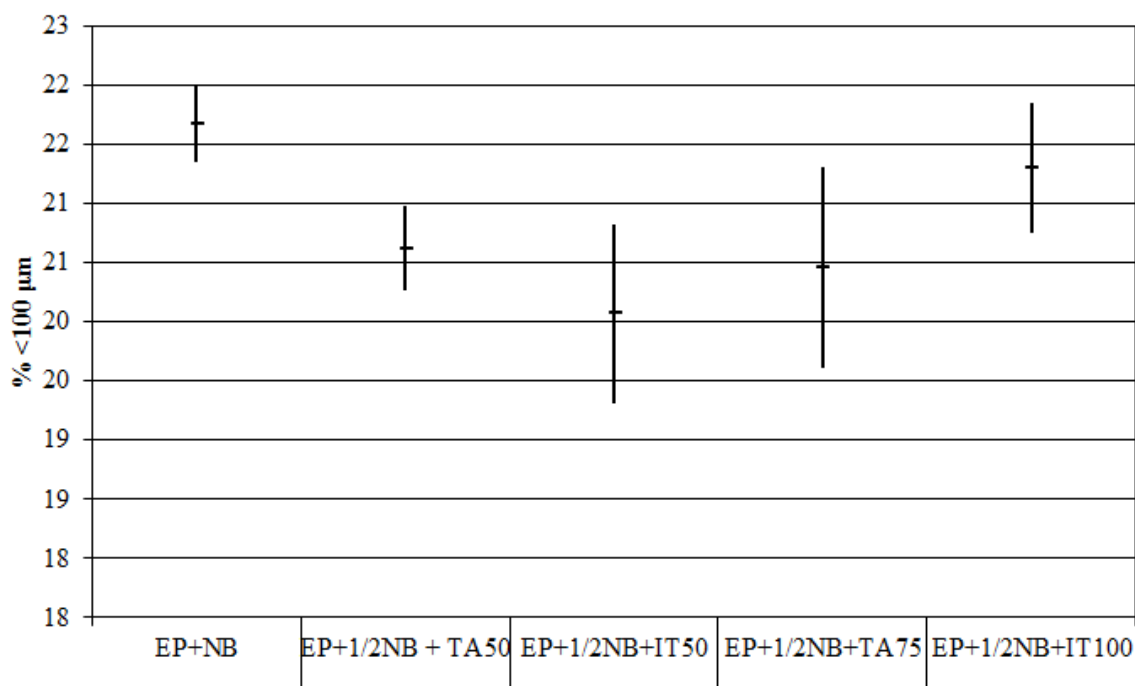


Figura 16. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (V100), dos tratamentos constituídos por Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina), para a ponta de jato plano defletor (TT 11002).

6.3 Amplitude Relativa

Observa-se nas Figuras 17 e 18 que a substituição total do óleo pelos adjuvantes à base de surfatante reduziu o valor da AR nas caldas de fungicidas, o que indica que essas caldas propiciaram um espectro de gotas mais homogêneo. Trabalhos obtidos por Iost (2008) e Román et al. (2009) tiveram resultados semelhantes ao estudarem adjuvantes com potencial antideriva. Cunha et al. (2010b) relatam que os valores de DMV e amplitude relativa (AR) devem ser discutidos em conjunto. Segundo Moraes et al. (2012), a baixa uniformidade do espectro está relacionada numericamente com os valores maiores de amplitude relativa (AR), ou seja, quanto maior o valor de AR, menor é a uniformidade dos tamanhos das gotas produzidas, podendo-se caracterizar um espectro de gotas homogêneo àquele com valor de AR mais próximo de zero.

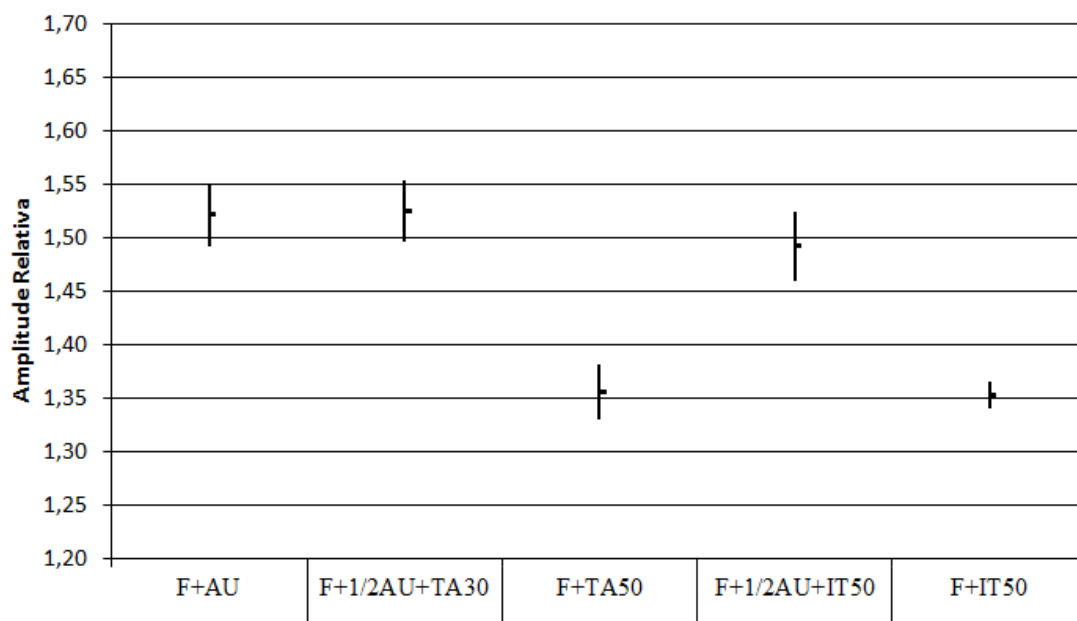


Figura 17. Valores de Amplitude Relativa, nas caldas com o fungicida F, aplicados com a ponta XR.

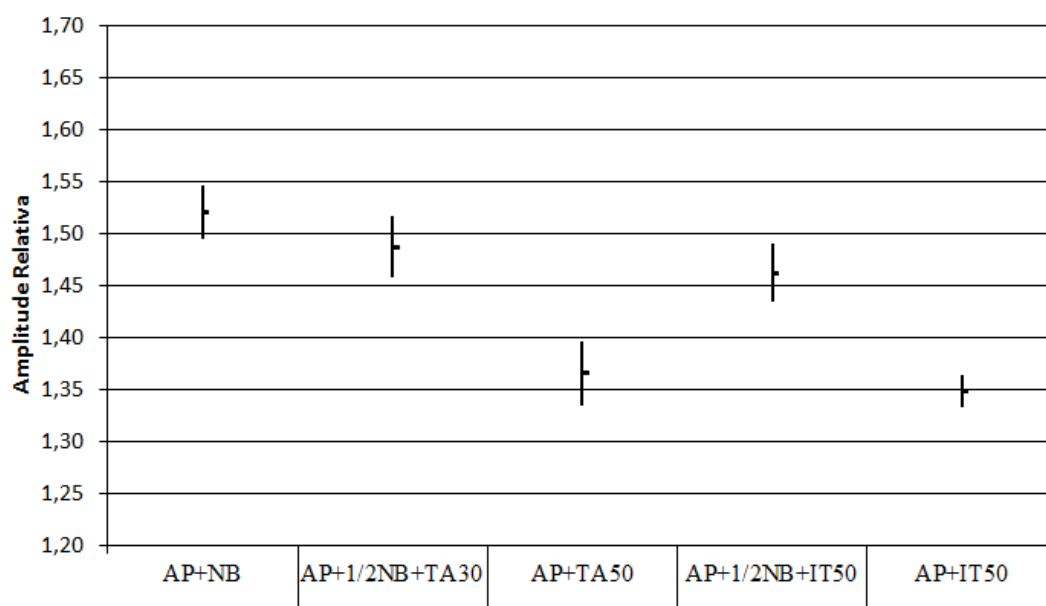


Figura 18. Valores de Amplitude Relativa, para as caldas com AP mais adjuvantes, aplicados com a ponta XR.

Os valores de amplitude relativa das caldas pulverizadas com as pontas AIXR e TT obtiveram os maiores valores de AR (Figuras 19 e 20), que variam entre 1,47 a 1,70, com médias maiores do que aquelas obtidas para as pontas XR. Novamente, Matthews (2000) destaca que quanto maior o valor de AR, maior é a variação do tamanho das gotas. Nesse caso, as pontas com indução de ar e a ponta de jato plano defletor (TT) apresentam menor homogeneidade do espectro. Chechetto (2011) obteve resultados semelhantes em relação à ponta AIXR, sendo que essa apresentou valores de amplitude relativa elevados, caracterizando um espectro de qualidade inferior àquele das demais pontas testadas, independentemente do tipo de adjuvante utilizado.

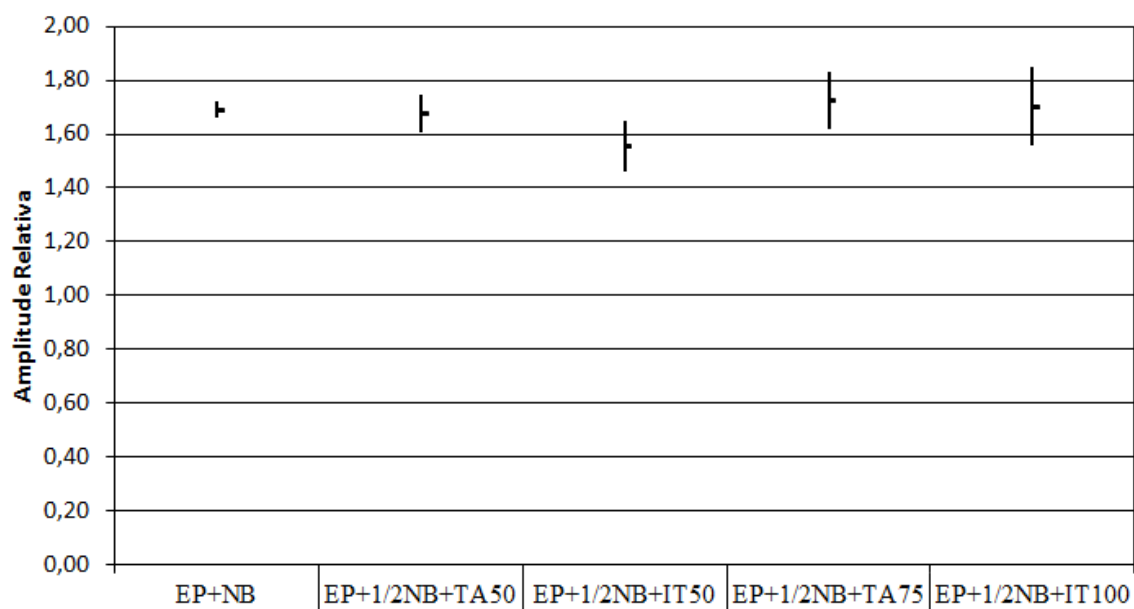


Figura 19. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas utilizando o inseticida Tiamidoxam+Lambdacialotrina pulverizados com a ponta de indução de ar (AIXR).

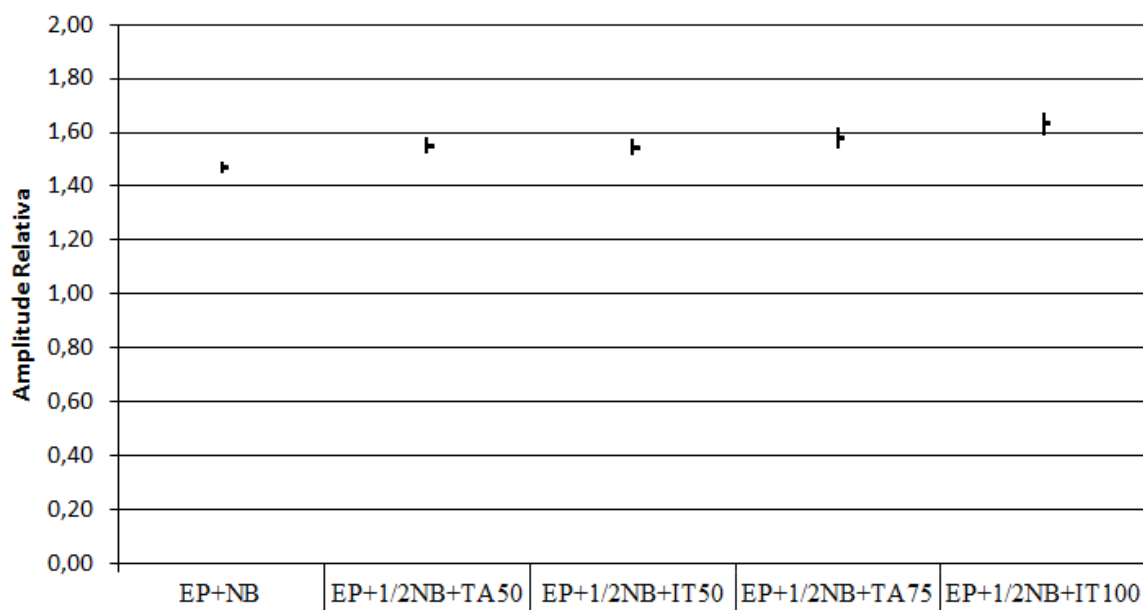


Figura 20. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas utilizando o inseticida Tiamidoxam+Lambdacialotrina aplicado com a ponta de jato plano defletor (TT).

6.4 Viscosidade

As Figuras 21 a 23 apresentam os resultados das análises da viscosidade das caldas em cada tratamento. Observa-se, em geral, que, entre os fungicidas, a modificação dos adjuvantes nas caldas resultou em efeito mais pronunciado no caso do Fox, em que as doses maiores de TA35 e InTec ofereceram menores valores de viscosidade do que a calda com óleo (Aureo). Resultados similares foram descritos por Oliveira (2011), cuja discussão indica que esse resultado pode ser devido à composição do adjuvante Aureo (AU), um éster metílico de óleo de soja. Por serem extraídos das sementes das plantas por pressão ou solvente, esses compostos têm a tendência de maior viscosidade. Sanderson et al. (1997) também explicam essa maior viscosidade pela presença do óleo de soja, que dificulta a desintegração em gotas pelo bico de pulverização. Matthews (2000) cita que caldas de maior viscosidade podem gerar gotas de maior DMV. Nesse sentido, Moraes et al. (2012) explicam a associação do uso de adjuvantes com o aumento da viscosidade da calda mediante a geração de gotas maiores. Por outro lado, Cunha & Alves (2009) argumentam que a variação da viscosidade por meio da adição de adjuvantes não é muito significativa. Com efeito, observa-se, nos resultados deste trabalho,

que, apesar de significativas, as diferenças nos valores de viscosidade não são grandes do ponto de vista numérico. Nesse sentido, Smith et al. (2000) também encontraram variação baixa entre as caldas testadas em seu trabalho, não sendo observadas diferenças entre soluções com e sem a adição de adjuvantes para aumento da viscosidade. No caso das caldas com Aproach Prima, ressalta-se que apenas a calda com a maior dose de InTec apresentou-se significativamente diferente das demais, com menores valores de viscosidade. Oliveira (2011) também obteve redução da viscosidade utilizando o adjuvante InTec.

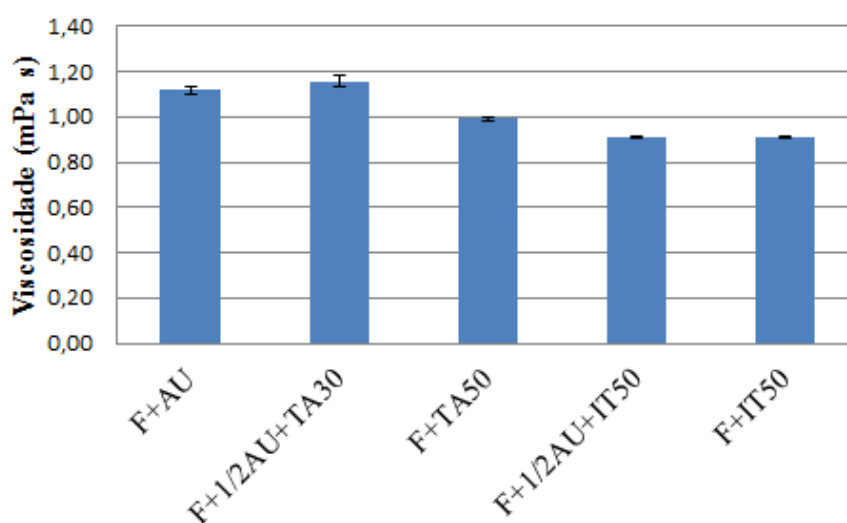


Figura 21. Valores de viscosidade (médias \pm IC5%) das caldas constituídas com o fungicida Trifloxistrobina+Proticonazol (F) em misturas com diversos adjuvantes.

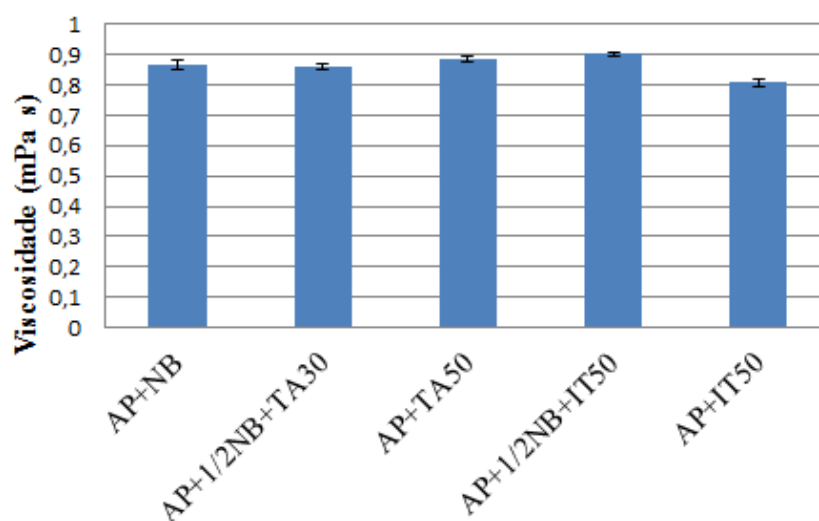


Figura 22. Valores de viscosidade (médias \pm IC5%) das caldas constituídas com o fungicida Picoxitrobina+Ciproconazol (AP) em misturas com diversos adjuvantes.

Na Figura 23 encontram-se os valores de viscosidade utilizando caldas com o inseticida Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina) em mistura com diversos adjuvantes. Observa-se que, em geral, as misturas contendo os adjuvantes à base de surfatantes se comportaram de maneira similar na presença da formulação do Engeo Pleno, aumentando a viscosidade. Esse comportamento reforça as observações de Matthews (2000) sobre o aumento do DMV com o aumento da viscosidade. De maneira análoga, Cunha (2010b) também avaliou o efeito de adjuvantes na viscosidade das caldas e obteve baixa viscosidade nas caldas com NB, observando, ainda, que a temperatura influencia de forma direta nos resultados de viscosidade, não conseguindo alterar a viscosidade a partir de 25 graus Celsius.

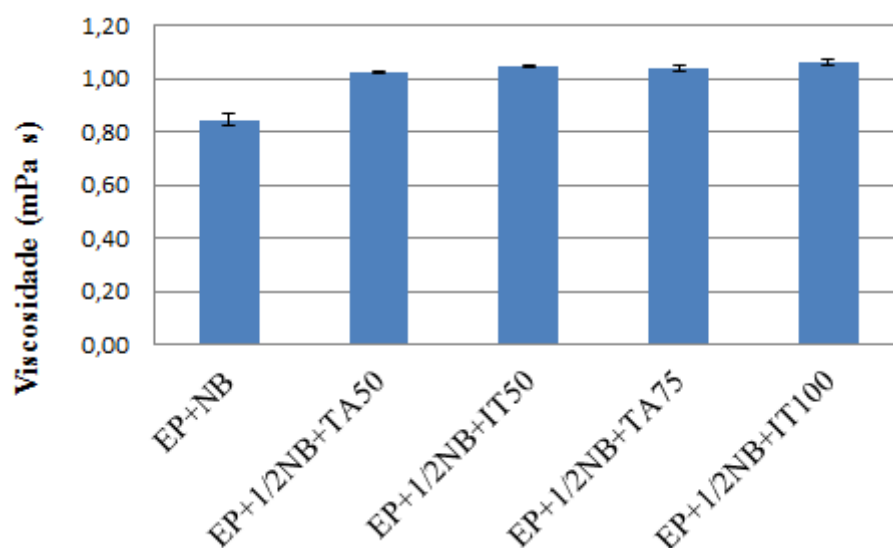


Figura 23. Valores de viscosidade (médias \pm IC5%) das caldas constituídas com o inseticida Tiamidoxam+Lambda Cialotrina (EP) em misturas com diversos adjuvantes.

6.5 Tensão superficial

As Figuras 24 a 26 apresentam os resultados da tensão superficial (TS) das caldas para os diferentes tratamentos. Na figura 24 encontram-se os resultados de tensão superficial das caldas utilizando o fungicida Fox (trofloxistrobina+proticonazol) em misturas com adjuvantes. Pode-se observar que não houve grande variação entre as caldas, apesar de haver algumas diferenças significativas pela análise do IC95%. Observa-se que a TS foi menor na dose máxima do InTec e menor na dose maior do TA35, situação em que ambos estavam isolados como adjuvantes. Na presença do Aureo, a TS tendeu a se manter num valor intermediário entre os tratamentos com o TA35 e o InTec isolados. Nas caldas contendo o fungicida Aproach Prima (Figura 25), observa-se que os menores valores de TS foram obtidos na presença do Nimbus, sem haver diferenças nas doses isoladas de TA35 e InTec. Oliveira (2011) também obteve resultados similares comparando o Nimbus aos adjuvantes TA35 e Intec diluídos apenas em água. Mendonça (2003) analisou a tensão superficial de vários óleos vegetais e minerais, concluindo que os óleos não são tão eficazes para a redução da tensão superficial em baixas concentrações como outros adjuvantes que não contêm óleo em sua formulação, sendo esse fato devido à baixa concentração de tensoativos nesses óleos. A função espalhante de diversos adjuvantes é

constituída de ingredientes redutores de tensão superficial, segundo Cunha (2010b). Por outro lado, Oliveira (2011) realça a necessidade de mais estudos e de maior atenção no uso do termo “espalhante”, pois obteve resultados que demonstram a ação distinta de alguns adjuvantes, mas que se enquadrariam perfeitamente na classe. De maneira generalizada, seus resultados demonstraram que a classificação como espalhante pode-se tornar muito simplista.

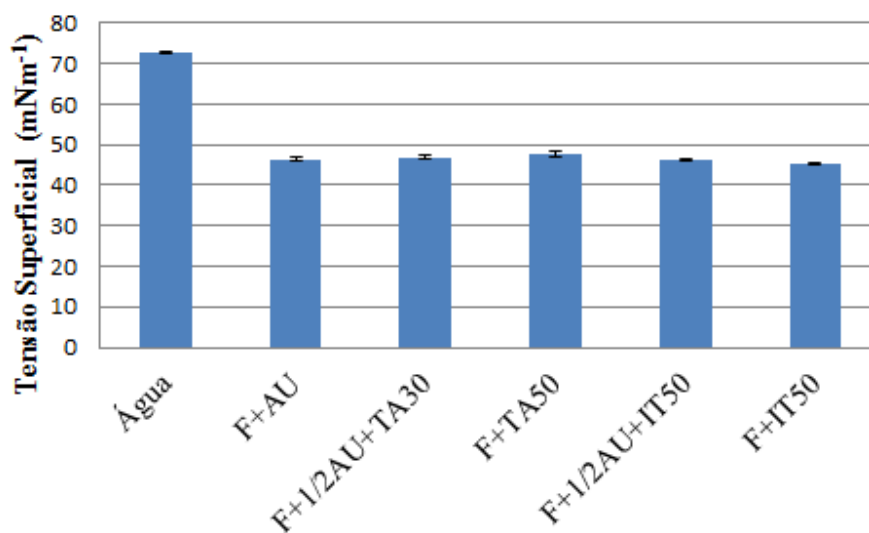


Figura 24. Valores de Tensão Superficial (médias \pm IC5%) das caldas com fungicida Trifloxistrobina+Proticonazol (F) em misturas com adjuvantes.

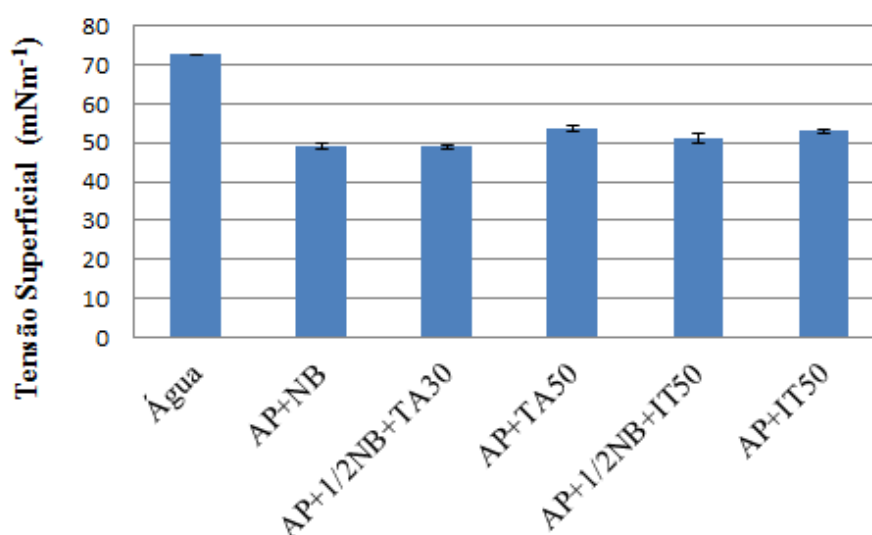


Figura 25. Valores de Tensão Superficial (médias \pm IC5%) das caldas com fungicida Picoxistrobina+Ciproconazol (AP) em misturas com adjuvantes.

A Figura 26 apresenta os resultados de TS das caldas com o Engeo Pleno (tiamidoxam+lambdacialotrina) em combinação com adjuvantes. Observa-se que todas as caldas contendo os adjuvantes baseados em surfatantes apresentaram redução da tensão superficial em relação ao padrão (Nimbus), resultado oposto àquele obtido na calda contendo o fungicida Aproach Prima. Esse resultado reforça as diferentes interações possíveis entre diferentes formulações de produtos fitossanitários, o que demonstra, ainda mais, a importância de estudar as misturas de tanque. Pode-se observar, também, que o menor valor de tensão superficial foi obtido pela calda com InTec na maior dose, demonstrando-se, assim, sua ação surfatante. Oliveira (2011) explica que as caldas que resultaram nas maiores tensões são aquelas que apresentam menor poder surfatante.

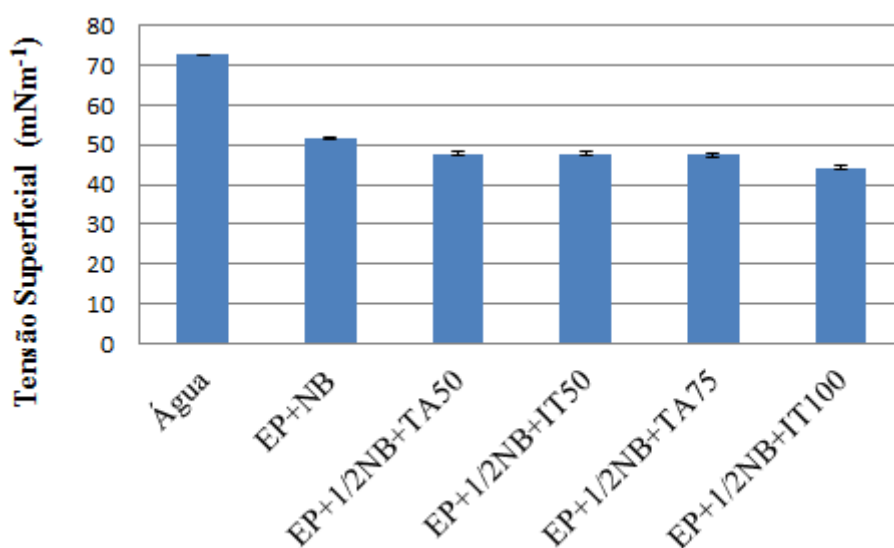


Figura 26. Valores de Tensão Superficial (médias \pm IC5%) das caldas com fungicida Inseticida Tiamidoxam+Lambda-Cialotrina (EP) em misturas com adjuvantes.

6.6 Filme líquido

A pulverização com pontas de jato plano tem como característica marcante a fácil visualização do filme de líquido gerado entre a saída do líquido no orifício e o ponto em que as gotas começam a se romper. Em geral, esse processo está ligado à presença de componentes adjuvantes na calda (MILLER et al., 2005). Segundo esses autores, os filmes de líquido mais longos são caracterizados pela geração de gotas mais

finas e, em geral, são associados à maior presença de surfatantes nas caldas. Com essas características, haveria a possibilidade de mais geração de risco de deriva. De maneira oposta, filmes de líquido mais curtos são característicos de caldas que contêm emulsões, pois elas causam perfurações precoces nesse filmes e, por esse motivo, ocasionam a formação de gotas maiores, que poderiam, assim, gerar menor potencial de deriva.

Por essas razões, por meio das análises dos filmes líquidos de cada calda, podem-se analisar, indiretamente, as características das gotas produzidas ou, ainda, pode-se obter a indicação de que o espectro seja mais ou menos propenso à deriva. Quanto maior o tamanho dessa lâmina líquida formada, menor será o tamanho das gotas no espectro e, portanto, maior será o potencial de deriva. De maneira oposta, quanto menor a lâmina, maiores as gotas a serem formadas, com conseqüente menor potencial de deriva. Miller et al. (1995) destacam a influência de adjuvantes nessa característica.

As Figuras 27 a 30 apresentam os resultados da determinação do comprimento do filme de líquido para os diferentes tratamentos. Observando-se as caldas com fungicidas, os maiores valores de comprimento do filme de líquido encontram-se nas caldas com o TA35 e o InTec, justamente as mesmas em que houve redução acentuada no DMV. Esses resultados concordam com aqueles descritos por Miller et al. (1995). No caso das caldas contendo o inseticida, esse processo deixou de ser tão evidente, notadamente na ponta com indução de ar. De fato, Miller & Butler-Ellis (2000) apresentam resultados contraditórios, considerando uma redução no tamanho de gotas em caldas com presença de emulsões e dispersões e um aumento significativo das gotas em presença de surfatantes solúveis em água. Entretanto, no caso das pontas com indução de ar, nem sempre ocorre uma correlação esperada entre os fatores, devido à complexidade do processo de formação de gotas nesse tipo de ponta.

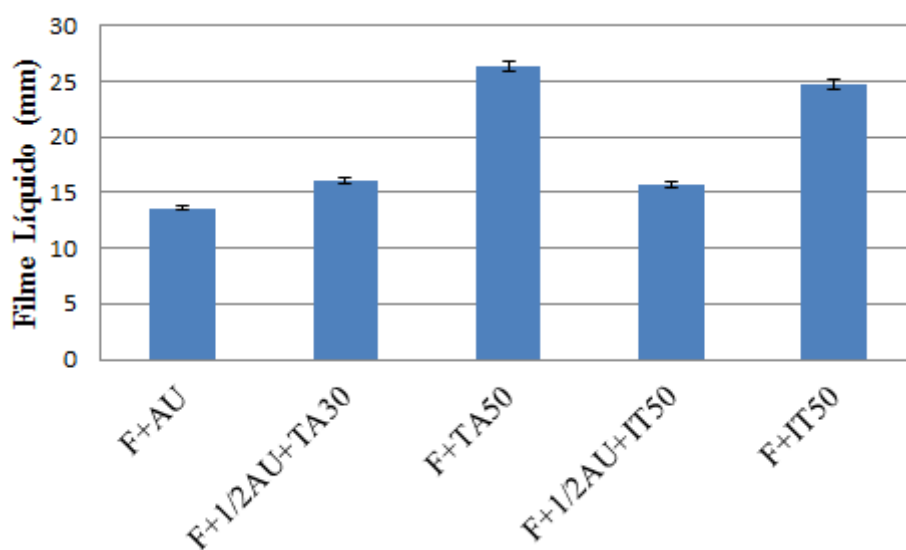


Figura 27. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo fungicida F em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização XR.

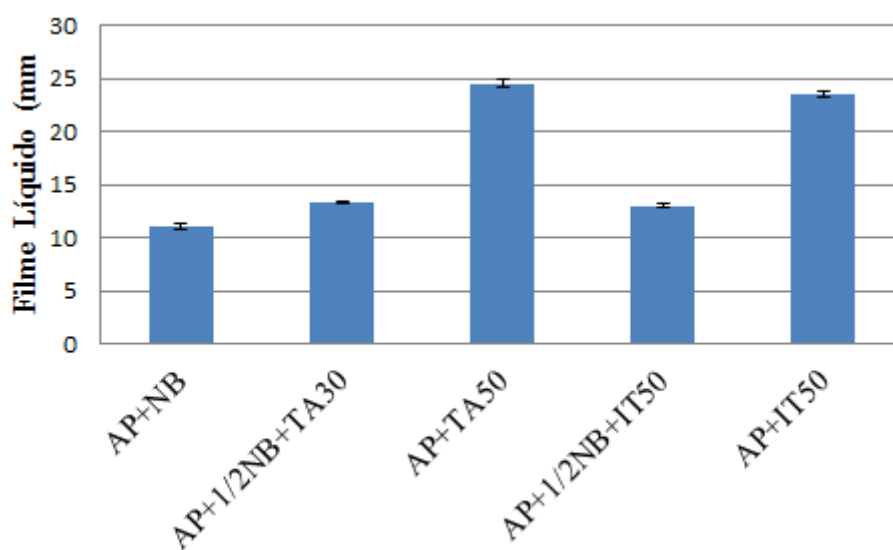


Figura 28. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo fungicida AP em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização XR.

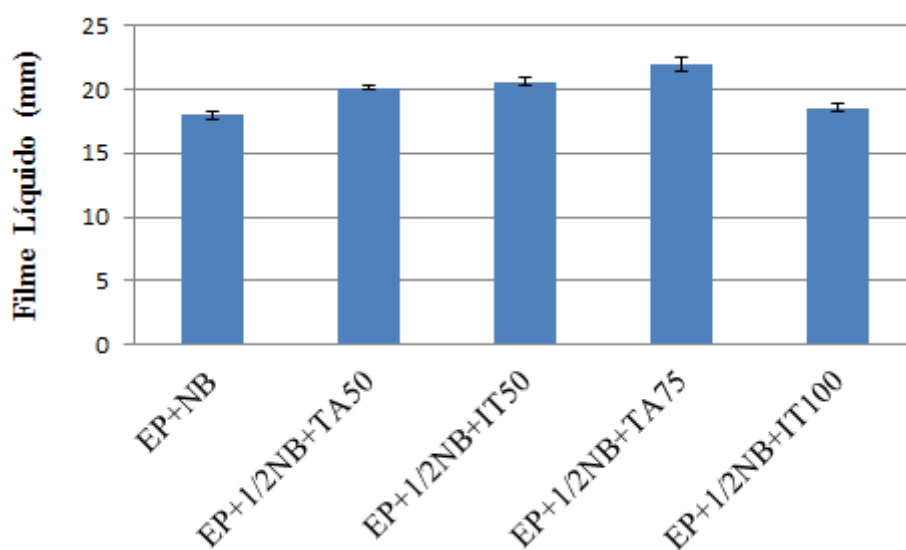


Figura 29. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo inseticida EP em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização AIXR.

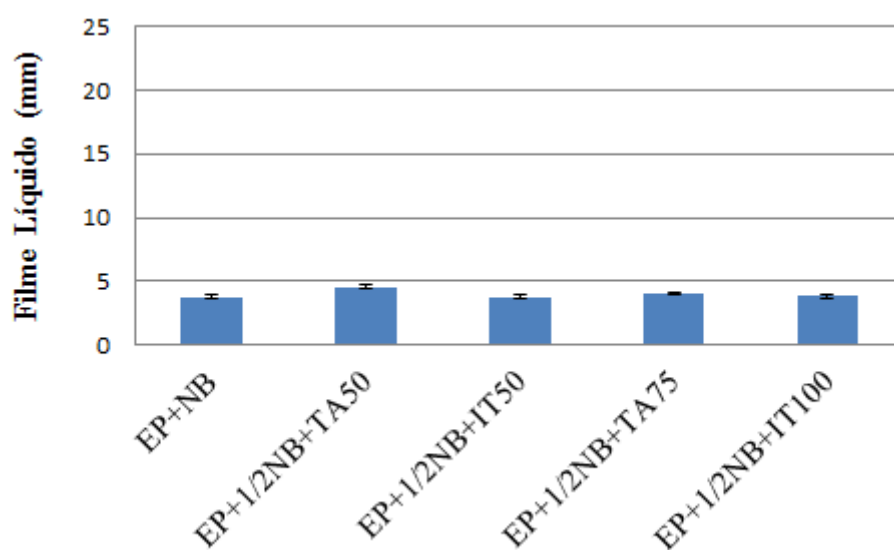


Figura 30. Valores dos tamanhos dos filmes líquidos em milímetros, das caldas formadas pelo inseticida EP em misturas com adjuvantes pulverizadas pela ponta de pulverização TT.

A Tabela 6 apresenta a análise das correlações entre os valores do comprimento do filme de líquido e os parâmetros do espectro de gotas da pulverização para os diferentes grupos de tratamentos.

Tabela 6. Coeficiente de Correlação de Pearson (p = nível de significância) entre os valores do comprimento do filme de líquido e os parâmetros do espectro de gotas da pulverização.

Pontas	Caldas	DMV	p	V100	p	AR	P
XR	Fox	-0,9908	$p < 0,0011$	0,9812	$p < 0,0031$	-0,9777	$p < 0,0040$
XR	Aproach Prima	-0,9721	$p < 0,0056$	0,9282	$p < 0,0228$	-0,9740	$p < 0,0050$
TT	Engeo Pleno	0,4288	$p < 0,4713$	-0,3026	$p < 0,6277$	0,1050	$p < 0,8666$
AIXR	Engeo Pleno	0,5705	$p < 0,3152$	-0,7431	$p < 0,1501$	-0,1102	$p < 0,8599$

Observa-se que o coeficiente de correlação foi alto e significativo em todas as análises envolvendo as caldas pulverizadas com as pontas XR (jato plano), não apresentando significância nas análises onde as caldas foram pulverizadas com as pontas TT e AIXR. Os resultados mostram que na medida que o filme de líquido aumenta de tamanho há de fato redução do valor do DMV, concordando com a citação de Miller et al. (1995). Observa-se ainda que na medida que o filme se torna maior nas pontas XR, ocorre também aumento do percentual de gotas menores do que 100 micrometros (V100), indicando maior potencial de deriva. Outro fator a ser destacado é que o maior comprimento de filme de líquido também pode ser relacionado com o menor valor de amplitude relativa, indicando melhoria no espectro de gotas das pulverizações. Não foram observadas correlações significativas entre os valores do comprimento do filme de líquido e os parâmetros do espectro de gotas nos casos em que a aplicação foi realizada com as pontas TT e AIXR.

7 CONCLUSÕES

Houve aumento do DMV e redução do percentual de gotas menores do que 100 micrometros com a adição dos adjuvantes à base de surfatante em substituição parcial ao óleo nos tratamentos com Engeo Pleno, enquanto o comportamento foi inverso nas caldas com os fungicidas Fox e Aproach Prima. Essa inversão deve ser observada do ponto de vista das diferentes interações que podem ocorrer entre as formulações dos produtos fitossanitários e os adjuvantes, as quais podem resultar em comportamentos distintos. Com isso destaca-se a importância de estudos com relação às misturas de tanque, pois os resultados deste trabalho comprovaram que as interações nem sempre se comportaram da maneira esperada, com base em referências encontradas na bibliografia.

Quando da aplicação com a ponta XR houve correlação negativa e significativa entre o comprimento do filme de líquido e os parâmetros do espectro de gotas DMV e Amplitude Relativa. No caso do percentual de gotas menores do que 100 micrometros, a correlação foi positiva e significativa. As correlações não foram significativas no caso das pontas TT e AIXR.

8 REFERÊNCIAS

AENDA. Mistura ou não mistura? São Paulo, [2013]. Disponível em: <http://www.aenda.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=61:mistura-ou-nao-mistura&catid=19&Itemid=116>. Acesso em: 20 fev. 2013.

ALVARENGA, C. B.; CUNHA, J. P. A. R. Aspectos qualitativos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.555-562, Jun 2010.

ANDEF-Associação Nacional de Defesas Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. São Paulo, 2013, 7p.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. Boletim de pesquisa de Soja 2009. Rondonópolis: Fundação MT, v. 13, p. 299-317, 2009.

ANTUNIASSI, U. R.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; JESUS, M. G.; GANDOLFO, U. D.; MOTA, A. A. B. Correlation between drift and droplet spectra generated by flat fan nozzles. **Aspects of Applied Biology**, v.122, p. 371-376, 2014.

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

ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T. V.; VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A. L.; FIGUEIREDO, Z. N.; BONELLI, M. A. O. Controle de ferrugem da soja através de aplicações aéreas e terrestres. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 3, Botucatu. 2004. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2004, p. 48-51.

AZEVEDO LAS (2007) Proteção integrada de plantas com fungicidas. **Emopi**. Campinas, Brasil. 284p.

BUTLER ELLIS, M. C.; MILLER, P. C. H.; TUCK, C. R. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural at fan nozzles. **Crop Prot.** 16 (1), p.41-50, 1997.

BUTLER ELLIS, M.C., TUCK, C. R. How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles. **Crop Prot.** 18, p.101-110, 1999.

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 Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, v. 190, n. 3, p. 267-276, 2001.

CAMARA, F. T. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, 2008.

CARVALHO, F. K. **Influência de adjuvantes de calda no depósito e deriva em aplicações aéreas e terrestres**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

CHAPPLE, A. C.; DOWNER, R. A.; HALL, F. R. Effects of spray adjuvants on swath patterns and droplet spectra for a #at fan hydraulic nozzle. **Crop Prot.** 12, p.579-590, 1993.

CHECHETTO, R. G. **Potencial da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização e diferentes alvos**. 70f., 2011. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2011.

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

COSTA, E. A. D. **Efeito de surfactantes sobre a tensão superficial de soluções de Rodeo**. 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

CORREA, T. M.; VELINI, E. D.. Desenvolvimento de equipamento para medição da tensão superficial estática de soluções. . In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2002, Gramado-RS. **Resumos...**, 2002. v. 1. p. 686-686.

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-MG, v.21, p.325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.977-985, 2004.

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

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

CUNHA, J. P. A. R. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.366-372, 2010a.

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

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

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-MG, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010d.

DEBORTOLI M. P. et al. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem asiática da soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.47, n.7, p.920-927, jul. 2012.

DOMBROWSKI, N., FRASER, R.P, 1954. A photographic investigation into the disintegration of liquid sheets. **Philos. Trans. R. Soc.**, v. 247, p.101-130.

EBERT, L. C.; SILVA FERRER, P. G.; SCHLOSSER, J. F. Definição de prioridades na gestão da tecnologia de aplicação. **Centro de Ciências Rurais**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FARINHA, J. V. et al. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1738-1744, 2009.

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-MG, v. 29, n. 3, p. 697-705, 2011.

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

GULER, H. et al. Spray Characteristics and Drift Reduction Potential with Air Induction and Conventional Flat-Fan Nozzles. **Trans. ASAE**, St. Joseph, v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.

HAZEN, J. L. Adjuvants: terminology, classification, e chemistry. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 773-784, 2000.

IKEDA F. S. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.34, n.276, set./out. 2013

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. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

KAGI, F. Y. Mistura em tanque: problemática legal e suas implicações na prática (registro, recomendação, aplicação). In: **Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação**, 6, 2013, Londrina.

KAMINSKI J. E. Dollar Spot Severity as Influenced by Fungicide Mode of Activity and Spray Nozzle. **Hortscience**, v. 44, n. 6, October, 2009.

KIRKWOOD, R. C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pesticide Science**, Oxford, v. 55, p. 69-77, 1999.

KISSMANN, K. G.; GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária, Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.

KNOCHE M, Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. **Crop Prot**, v.13, p.163-178,1994.

LEFEBVRE, A.H. Basic processes in atomization. In: **Atomization and Sprays**. **Hemisphere**, p. 27-28. New York, London, 1989.

LEITE M. F.; SERRA J. C. V. Avaliação dos impactos ambientais na aplicação dos agrotóxicos. **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais – Ambiência, Guarapuava (PR), v.9, n.3, p. 675-682 Set./Dez. 2013.

MACIEL, C. D. G. et al. Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 673-685, 2010.

MATTHEWS, G. A. Developments in application technology. **Environmentalist**, **Hampshire**, v. 28, p. 19-24, 2008.

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

MATTHEWS, G.A. **Application of Pesticides to Crops**. London: Imperial College Press, 1999.

McMULLAN, P. M. Emulsifier surfactant-oil combinations with tralkoxydim. **Journal Plant Science**, Ottawa, v. 73, n. 4, p. 1275-1281, 1993.

McMULLAN, P. M. Utility adjuvants. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 792-797, 2000.

MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Eng. Agríc.**, v.27, p. 16-23, 2007.

MENDONÇA, C. G. Efeito de óleos minerais e vegetais nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização e suas interações com superfície foliar. 2003. 96f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

MENDONÇA, C. G. et al. Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, 17, n. 3, p. 355-365, 1999.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, p. 609-615, 2000.

MILLER, P.; WESTRA, P. **How surfactants work**. Fort Collins: Colorado State University Cooperative Extension, 1998. (Crop Series Fact Sheet, 0.564).

MILLER, P. C. H., BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R. The influence of adjuvants on droplet production. **New Zealand Forest Research Institute Bulletin (193) Fourth International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals**, Melbourne, Australia, p.3-6, October 1995.

MONTÓRIO, G.A.; VELINI, E. D.; MACIEL, C. D.G.; MONTÓRIO, T. Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Rev. Bras. Herbic**, v. 4, p. 8-22, 2005.

MORAES D. W. et al. Qualidade da aplicação de herbicidas na dessecação e na pós-emergência na cultura do trigo com uso de adjuvantes. **Revista Agrária - Dourados**, v.5, n. 16, p.123-130, 2012.

MOREIRA JUNIOR, O. **Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa da deriva em pulverizações agrícolas**. Tese (Doutorado em Proteção de plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus Botucatu, 2009.

MOTA, A. A. B. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes**. 74f. Dissertação (Mestrado em energia na agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus Botucatu. 2011.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 122f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

PENNER, D. Activator adjuvants. **Weed technology**, Champaign, v. 14, p. 785-791, 2000.

PETTER, F. A.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.

PETTER, F. A.; SEGATE, D.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 449-457, 2012.

SPANOGHE P.; SCHAMPHELEIRE M.; MEEREN P. V. D.; STEURBAUT W. Review Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. Society of Chemical Industry. **Pest. Manag. Scienc.** 1526-498, 2007.

PROKOP, M.; KEJKLÍCEK, R. Effect of adjuvants on spray droplet size of water. **Rev. engineering in agriculture**. v. 48, p. 144-148, 2002.

ROMÁN, R. A. A. et al. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.3, p.223-232, 2009.

SANDERSON, R. et al. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied propanil formulations. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 8, p. 717-721, 1997.

SANDERSON, R. et al. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied propanil formulations. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 8, p. 717-721, 1997.

SCHICK, R. J. **An engineer's practical guide drop size**. Wheaton: Spraying Systems, 1997. 28p.

SCHNEIDER J. L. et al. Cobertura de gotas de pulverização obtida com diferentes pontas e taxas de aplicação na parte aérea da cana-de-açúcar. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v.43, n.5, maio 2013.

SILVA, J. F. et al. Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367p.

SIMITH, D. B. et al. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. **Trans. ASAE**, v. 43, n. 2, p. 255-259, 2000.

SIMITH, D. B. et al. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. **Trans. ASAE**, v. 43, n. 2, p. 255-259, 2000.

SIQUEIRA J. L.; ANTUNIASSI. U. R. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 26, n.4, 2011, p.92-100.

SOUZA L.A.; CUNHA J. P. A. R.; PAVANIN L.A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n.1, Fortaleza, Jan./Mar. 2012.

SPANOGHE P. et al. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. **Pest Management Science**, v.63, p.4-6, 2007.

STOCK, D.; BRIGGS, G. Physiochemical properties of adjuvants: values and applications. **Weed Technology**. Champaign, v.14, p. 798-806, 2000.

TANG, X.; DONG, J.; LI, X. A comparison of spreading behaviors of Silwet 1-77 on dry and wet lotus leaves. **J. Coll. Interf. Sci.** n.325, p.223-227, 2008.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica.** 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Rural) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

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

UNDERWOOD, A. K. Adjuvant trends for the new Millennium. **Weed Technology,** Champaign, v. 14, n. 4, p. 765-772, 2000.

VIANA, R. G. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha,** Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

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

ZHU, H. et al. Influence of spray additives on droplet evaporation and residual patterns on wax and wax-free surfaces. **ASABE Paper** n. 083752, St. Joseph, June 2008.