



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

EDER DIAS DE MORAES

**ESPECTRO DE GOTAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES
AMBIENTAIS E CALDAS DE PULVERIZAÇÃO**

Londrina
2020

EDER DIAS DE MORAES

**ESPECTRO DE GOTAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES
AMBIENTAIS E CALDAS DE PULVERIZAÇÃO**

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para à obtenção do título de Doutor em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Gandolfo

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Moraes, Eder Dias de .

Espectro de gotas em diferentes condições ambientais e caldas de pulverização / Eder Dias de Moraes. - Londrina, 2020.
84 f. : il.

Orientador: Otávio Jorge Grigoli Abi Saab.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Tecnologia de aplicação - Tese. 2. Espectro de gotas - Tese. 3. Evaporação - Tese. I. Abi Saab, Otávio Jorge Grigoli . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

EDER DIAS DE MORAES

**ESPECTRO DE GOTAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES
AMBIENTAIS E CALDAS DE PULVERIZAÇÃO**

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia

BANCA EXAMINADORA

Coorientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo
Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira
Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP

Prof. Dr. Hevandro Colhese Delalibera
Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR

Londrina, 31 de março de 2020.

Dedico este trabalho aos meus filhos,
Manuela e Miguel, e a minha querida esposa
Francieli.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha saúde e por toda a graça concebida em minha vida.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL) e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia pela oportunidade concedida de aperfeiçoamento profissional.

Ao professor Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab pela confiança e orientações recebidos durante esses anos.

Ao professor Dr. Marco Antonio Gandolfo pela co-orientação e parceria durante toda minha vida acadêmica.

Ao Dr. Ulisses Gandolfo e ao Instituto Dashen, por possibilitar a execução da tese, disponibilização dos recursos e valiosa colaboração para a realização deste trabalho.

Aos colaboradores do Instituto Dashen, em especial ao João Paulo Oliveira pela ajuda com os equipamentos.

Ao meu amigo e parceiro de Pós Graduação (Mestrado e Doutorado), Rodrigo Yudi Palhaci Marubayashi, pela valiosa colaboração e orientações sobre estatística.

Aos meus familiares pelo apoio e incentivo durante todos estes anos.

Aos meus filhos, Manuela e Miguel, pela compreensão aos momentos dedicados a esta tese.

A minha esposa, Francieli Munhão Martins, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo a esta importante etapa.

Aos demais colegas e professores de Pós Graduação em Agronomia pela amizade e momentos de convivência durante todos estes anos.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

MORAES, Eder Dias de. **Espectro de gotas em diferentes condições ambientais e caldas de pulverização**. 2020. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

RESUMO

A tecnologia de aplicação visa o uso correto dos produtos fitossanitários, a fim de maximizar a eficácia das aplicações e reduzir riscos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre o espectro de gotas e evaporação dinâmica de diferentes composições da calda de pulverização e altura. Foi utilizado um analisador de partículas por imagens para determinar o Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), o percentual de gotas menores que 100 μm ($\%<100 \mu\text{m}$) e a amplitude relativa da pulverização (AR). As caldas utilizadas foram Água, Glyphosate (3,0 L ha⁻¹) e o Opera (0,5 L ha⁻¹) isolados ou em mistura com Óleo de Laranja (OL) (0,25%), Óleo Mineral (OM) (0,5%) e Óleo Vegetal (OV) (0,5%) em duas condições ambientais, aplicados com três modelos de pontas de pulverização: jato plano padrão (AXI110015), jato plano com pré-orifício (ADI 110015) e jato plano com indução a ar (AVI110015), posicionadas a 0,4 m de altura, trabalhando a 300 kPa. Para evaporação dinâmica foi utilizada uma Microinjetora Nordson®, com uma combinação de pressão, tempo de injeção de ar pressurizado e vácuo, para geração de gotas. A seringa contendo as caldas estava instalada em duas posições acima da área de leitura do analisador de partícula, 0,2 e 0,4 m. Utilizou-se caldas com Água, Glyphosate (3,0 L ha⁻¹) e o Approach Prima (0,5 L ha⁻¹) isolados ou em mistura com Óleo de Laranja (0,25%), Óleo Mineral (0,5%) e Óleo Vegetal (0,5%) em duas condições ambientais, em quatro repetições, em um esquema fatorial de 3 (caldas) x 2 (alturas) x 2 (condição ambiental). Neste trabalho foram realizadas as seguintes análises: Dv0,1, Dv0,5, Dv0,9, $\%<100 \mu\text{m}$ e AR. Para ponta AVI, o DMV das aplicações com Glyphosate, independente da condição ambiental, apresentou redução em média de 34% em relação as demais caldas. Calda contendo Glyphosate, em condição ambiental desfavorável, com a ponta AVI reduziu em 55,6% a $\%<100 \mu\text{m}$. A adição de OL aumentou os valores de $\%<100 \mu\text{m}$, quando aplicado com a ponta AXI. A temperatura e a umidade relativa do ar, bem como a composição da calda e o tipo de ponta de pulverização afetam o espectro de gotas das pontas de pulverização. No experimento 2, as aplicações em condição ambiental desfavorável, proporcionaram aumento médio nos valores de Dv0,1 em torno de 30% e 69%, em relação a condição ambiental favorável, para a 0,4 e 0,2 m de altura, para aplicações com herbicida. A aplicação em menor altura proporciona maiores formação de gotas finas. A aplicação em condição ambiental inadequada proporciona maior perda de gotas em relação a aplicação em condição apropriada, tanto para aplicações com herbicida, como para fungicida. A ponta de pulverização modelo AVI é mais sensível à mudança da composição da calda. Os adjuvantes de modo geral alteram o espectro de gotas e aumentam a porcentagem de gotas maiores que 100 μm , entretanto, de acordo com os resultados obtidos, não foi possível concluir que os adjuvantes reduzem a evaporação de gotas. Condição ambiental inadequada à aplicação acelera o processo de evaporação, causando prejuízos diretos pela perda do ingrediente ativo e perdas indiretas, uma vez que menos ingrediente ativo chegará no alvo.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação; DMV; adjuvantes; análise de partícula.

MORAES, Eder Dias de. **Spectrum of droplets in different environmental conditions and spray mixes**. 2020. 84 p. Thesis (PhD in Agronomy) - State University of Londrina, Londrina, 2020.

ABSTRACT

The application technology aims at the correct use of phytosanitary products, in order to maximize the effectiveness of the applications and reduce risks. The objective of this work was to evaluate the effect of temperature and relative humidity of the air on the spectrum of droplets and dynamic evaporation of different compositions of the spray liquid and height. An image particle analyzer was used to determine the Median Volumetric Diameter (DMV), the percentage of drops smaller than 100 μm ($\% <100 \mu\text{m}$) and the relative amplitude of the spray (AR). The mixtures used were Water, Glyphosate (3.0 L ha⁻¹) and Opera (0.5 L ha⁻¹) alone or in mixture with Orange Oil (OL) (0.25%), Mineral Oil (OM) (0.5%) and Vegetable Oil (OV) (0.5%) in two environmental conditions, applied with three spray tip models: standard flat jet (AXI110015), flat jet with pre-orifice (ADI 110015) and flat jet with air induction (AVI110015), positioned at 0.4 m high, working at 300 kPa. For dynamic evaporation, a Nordson® Microinjector was used, with a combination of pressure, pressurized air injection time and vacuum, to generate drops. The syringe containing the syrups was installed in two positions above the reading area of the particle analyzer, 0.2 and 0.4 m. Saucers with Water, Glyphosate (3.0 L ha⁻¹) and Aproach Prima (0.5 L ha⁻¹) were used alone or mixed with Orange Oil (0.25%), Mineral Oil (0, 5%) and Vegetable Oil (0.5%) in two environmental conditions, in four repetitions, in a factorial scheme of 3 (syrups) x 2 (heights) x 2 (environmental condition). In this work, the following analyzes were performed: Dv0.1, Dv0.5, Dv0.9, $\% <100 \mu\text{m}$ and AR. For AVI tip, the DMV of applications with Glyphosate, regardless of the environmental condition, showed an average reduction of 34% in relation to the other mixtures. Syrup containing Glyphosate, in unfavorable environmental condition, with the AVI tip reduced by 55.6% to $\% <100 \mu\text{m}$. The addition of OL increased the values of $\% <100 \mu\text{m}$, when applied with the AXI tip. The temperature and relative humidity of the air, as well as the spray composition and the type of spray tip affect the droplet spectrum of the spray tips. In experiment 2, applications in unfavorable environmental conditions provided an average increase in Dv0.1 value of around 30% and 69%, in relation to favorable environmental conditions, for 0.4 and 0.2 m height, for herbicide applications. The application at a lower height provides greater formation of fine drops. Application in an inadequate environmental condition provides greater drop loss compared to application in an appropriate condition, both for herbicide and fungicide applications. Spray tips model AVI is more sensitive to changes in spray composition. Adjuvants in general alter the droplet spectrum and increase the percentage of droplets greater than 100 μm , however, according to the results obtained, it was not possible to conclude that adjuvants reduce droplet evaporation. Inadequate environmental condition for the application accelerates the evaporation process, causing direct losses due to the loss of the active ingredient and indirect losses, since less active ingredient will reach the target.

Keywords: Application technology; DMV; adjuvants; particle analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Representação gráfica do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).....	22
Figura 3.1 – Pontas de pulverização utilizada no experimento: modelo AXI110015 (A); modelo ADI110015 (B); modelo AVI110015 (C).....	35
Figura 3.2 – Termohigrômetro (A) e esquema real do posicionamento do bico de pulverização (B): ponta de pulverização (a); bico de pulverização (b); mangueira de pulverização (c); sensor de temperatura e umidade relativa do ar (d).....	36
Figura 3.3 – Esquema da área de coleta de dados: manômetro (a); bico de pulverização (b); área de leitura (c); analisador de partícula (d)	37
Figura 3.4 – Diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AVI 110015, em duas condições ambiental.....	39
Figura 3.5 – Porcentagem de gotas menores que 100 µm (%<100 µm) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera, isolados ou associados à adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AVI 110015, em duas condições ambiental.....	40
Figura 3.6 – Amplitude Relativa (AR) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AVI 110015, em duas condições ambientais	40
Figura 3.7 – Diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo ADI 110015, em duas condições ambiental.....	42
Figura 3.8 – Porcentagem de gotas menores que 100 µm (%<100 µm) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo ADI 110015, em duas condições ambiental.....	42
Figura 3.9 – Amplitude Relativa (AR) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo ADI 110015, em duas condições ambiental	43

Figura 3.10 – Diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AXI 110015, em duas condições ambiental.....	44
Figura 3.11 – Porcentagem de gotas menores que 100 µm (%<100 µm) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AXI 110015, em duas condições ambiental.....	45
Figura 3.12 – Amplitude Relativa (AR) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AXI 110015, em duas condições ambiental	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação em categoria das taxas de aplicação ($L\ ha^{-1}$) em função do tipo de cultura	17
Tabela 2.2 – Tamanho de gotas adequado para alguns alvos	19
Tabela 2.3 – Número de gotas. cm^{-2} em função do tamanho das gotas e volume de pulverização	19
Tabela 2.4 – Densidade de gotas	20
Tabela 3.1 – Caldas utilizadas no experimento	34
Tabela 3.2 – Análise de variância do fator condição ambiental e Calda e os efeito no Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), porcentagem de gotas menores que $100\ \mu m$ e Amplitude Relativa (AR).....	38
Tabela 4.1 – Caldas utilizadas no experimento	51
Tabela 4.2 – Diâmetro da gota abaixo de 10% do volume ($Dv0,1$) de caldas contendo Água, Glyphosate, isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	54
Tabela 4.3 – Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.....	57
Tabela 4.4 – Diâmetro da gota abaixo de 90% do volume ($Dv0,9$) de caldas contendo Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	58
Tabela 4.5 – Porcentagem de gotas menores que $100\ \mu m$ ($\% < 100$) de caldas contendo Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	59
Tabela 4.6 – Amplitude Relativa (AR) das aplicações contendo caldas de Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.....	60
Tabela 4.7 – Diâmetro da gota abaixo de 10% do volume ($Dv0,1$) de caldas contendo Água, Aproach Prima (AP) isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	61
Tabela 4.8 – Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Aproach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	62

Tabela 4.9 – Diâmetro da gota abaixo de 90% do volume (Dv0,9) de caldas contendo Água, Aproach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	63
Tabela 4.10 – Porcentagem de gotas menores que 100 µm (%<100) de caldas contendo Água, Aproach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	64
Tabela 4.11 – Amplitude Relativa (AR) das aplicações contendo caldas de Água, Aproach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	16
2.1.1	Taxa De Aplicação	17
2.1.2	Gotas De Pulverização	18
2.1.3	Pontas De Pulverização	20
2.1.4	Espectro De Gotas Na Pulverização	21
2.1.5	Condições Ambientais No Momento Da Aplicação	23
2.1.6	Parâmetros De Qualidade E Perdas Nas Pulverizações	24
2.2	ADJUVANTES	28
3	ARTIGO A – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR SOBRE AGROQUÍMICOS ISOLADOS OU ASSOCIADOS À ÓLEOS EM DIFERENTES PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	31
3.1	RESUMO	31
3.2	ABSTRACT	32
3.3	INTRODUÇÃO.....	33
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.5	RESULTADO E DISCUSSÃO	38
3.6	CONCLUSÕES.....	47
4	ARTIGO B – CARACTERIZAÇÃO DA EVAPORAÇÃO DINÂMICA DE GOTAS DE PULVERIZAÇÃO	48
4.1	RESUMO	48
4.2	ABSTRACT	49
4.3	INTRODUÇÃO.....	50
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	51
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.5.1	Caracterização Do Espectro De Gotas E Perdas Decorrente Das Aplicações De Glyphosate	54

4.5.2	Caracterização Do Espectro De Gotas E Perdas Decorrentes Das Aplicações De Aproach Prima	64
4.6	CONCLUSÕES.....	69
5	CONCLUSÃO GERAL	70
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1. INTRODUÇÃO

Dentre os vários componentes do processo de produção agrícola, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos mais importantes e diretamente responsável pela correta colocação dos produtos fitossanitários na quantidade adequada e biologicamente ativa no alvo, com mínima contaminação do ambiente, do produto final e das pessoas.

Entre as diferentes técnicas de aplicação de produtos fitossanitários, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas. Existem vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, como os do tipo costal manual, até equipamentos maiores e mais sofisticados, como os autopropelidos equipados com controladores eletrônicos. Independentemente do tamanho do pulverizador, as pontas de pulverização são consideradas componentes fundamentais, pois influenciam diretamente na qualidade e na segurança da aplicação, associado às condições operacionais.

Nas aplicações onde o produto utilizado para o tratamento fitossanitário depende de boa cobertura do alvo para controle eficaz do agente de dano, a seleção do tipo e modelo de pontas de pulverização torna-se fator primordial, pois o uso de gotas de tamanho inadequado pode causar ineficácia do tratamento.

Além de buscar a melhor qualidade de aplicação, a agricultura moderna almeja realizar estas operações com maior rendimento operacional e com menor custo. Entretanto, o maior rendimento dos pulverizadores está condicionado ao tempo de trabalho e dependendo da região, a operação se depara com temperaturas elevadas e baixas umidades relativas do ar, que podem trazer risco de perdas por evaporação as aplicações agrícolas.

A demanda crescente por aplicações rápidas e eficientes, aliado a busca por tecnologias que melhoram ainda mais o sucesso do controle dos diversos agentes de danos, torna necessário o estudo da influência da condição ambiental sobre os fatores de perdas nas pulverizações de agroquímicos.

O conhecimento de como a calda, e não só a água, interfere no padrão de gotas gerado pelas pontas é cada vez mais importante. Também, os métodos para

avaliação do espectro devem possibilitar a comparação dos resultados dos diferentes ensaios.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre o espectro de gotas de diferentes composições da calda, promovidas por diferentes pontas de pulverização (Artigo A), assim como sobre a evaporação dinâmica de gotas de diferentes caldas (Artigo B).

2. REVISÃO DE LITERATURA

A população mundial cresce dia após dia. Junto a este crescimento é crescente também a demanda por energia e alimentos. Diante deste cenário, cairá sobre o setor agrícola a responsabilidade de suprir esta crescente demanda de alimentos e energia, principalmente no fornecimento de matérias primas para indústrias. Portanto, para atender esta realidade e reduzir os impactos ambientais prejudiciais é necessário aperfeiçoar seu potencial produtivo (TEIXEIRA et al, 2010).

Um aliado da produção de alimento é o uso de produtos fitossanitários. Carvalho (2005) e Costa (2009), afirmam que sem o uso de produtos fitossanitários a produção de alimentos no mundo sofreria redução de 40% a 45% e o custo da alimentação seria acrescido de 50% a 75%.

A agricultura moderna está sustentada pela aplicação de produtos fitossanitários. Isto requer o uso de produtos seguros e eficientes e de técnicas de aplicação que permitam atender a essas necessidades, sem deixar de lado os custos envolvidos no processo de sua produção, bem como a preocupação com os possíveis danos ambientais (SIMÕES; TEIXEIRA; FARONI, 2009).

As culturas agrícolas estão sujeitas a séries de fatores que podem influenciar o seu desenvolvimento e a produção, como as plantas daninhas, pragas e doenças. As plantas daninhas acarretam perdas na produtividade devido, principalmente, à competição por luz, nutrientes e água, além de dificultarem a colheita (NEPOMUCENO et al., 2007). Ainda segundo o autor, as plantas daninhas atuam também como hospedeiras de pragas e doenças e exercem pressão de natureza alelopática.

As doenças são importantes causadores de prejuízos no rendimento das culturas. Na cultura do trigo, *Gibberella zae*, causou danos médios de até 11,6% (CASA et al., 2004), a Brusone (*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc), perdas da ordem de 32% (GOULART, 2004). Yorinori, Nunes Junior e Lazzarotto (2004) relatam que a ferrugem da soja pode reduzir a produtividade de até 80%. Na cultura do milho, Brandão (2002) encontrou danos de 15 a 51% e Souza (2005) observou valores que variaram de 13 a 44%

causados pela Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis* Tehon & E.Y. Daniels), dependendo do híbrido testado.

Além das plantas daninhas e doenças, as pragas vem causando prejuízos e retirando a rentabilidade do produtor rural. Estima-se que lagartas da família dos noctuídeos causam perdas de 15 a 76% na produção de grãos (FIGUEIREDO; MARTINS-DIAS; CRUZ, 2006), e que no Brasil os prejuízos econômicos cheguem a 400 milhões de dólares anualmente (CRUZ et al., 2008). Gallo et al. (2002), relatam que os prejuízos causados por percevejos a cultura da soja podem chegar a 30%.

O controle destes agentes de dano, normalmente, é realizada com o emprego de produtos fitossanitários. No entanto, dá-se muita importância ao produto e pouca atenção à tecnologia de aplicação empregada. A consequência é a perda de eficiência, quando não a ineficácia do tratamento, que levam a perda de rentabilidade e danos ao ambiente (CUNHA; RUAS, 2006).

Esta constatação corrobora com Siqueira e Antuniassi (2011) que, ao avaliarem a calibração e o estado de manutenção de pulverizadores distribuídos no Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul, observaram que 58,8% dos pulverizadores inspecionados apresentavam erros de calibração e 47,1% apresentavam pontas inadequadas.

2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários consiste no emprego de todos os conhecimentos técnico-científicos que proporcionem a colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com a mínima contaminação ambiental (MATUO,1990).

No entanto, o objetivo de uma pulverização é alcançado quando é feita a seleção correta das pontas de pulverização e do ajuste do volume de calda, respeitando as condições ambientais e o momento correto da aplicação (ANTUNIASSI, 2012). Cunha et al. (2010a), acrescentam que o sucesso de uma aplicação de produtos fitossanitários

depende da sinergia entre fatores como o taxa de aplicação, tamanho de gotas, tipo de ponta de pulverização, composição de calda, momento da aplicação e condições ambientais, dentre outros.

2.1.1 Taxa de aplicação

A taxa de aplicação consiste no volume de calda aplicado sobre a área. Dependendo da cultura e do agente de nocivo á qual deseja-se controlar, a taxa de aplicação pode variar de 5 a 1000 L ha⁻¹ (OLIVEIRA, 2015).

Matthews (1979) classifica as taxas e aplicação em diferentes categorias (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Classificação em categoria das taxas de aplicação (L ha⁻¹) em função do tipo de cultura.

Categoria	Culturas anuais	Culturas perenes
Alto	> 600	> 1000
Médio	200 – 600	500 – 1000
Baixo	50 – 200	200 – 500
Muito baixo	5 – 50	50 – 200
Ultra baixo	< 5	< 50

Fonte: Matthews (1979).

Atualmente há uma tendência de redução na taxa de aplicação, a fim de diminuir os custos de produção e elevar a capacidade operacional das aplicações. O uso de menores volumes aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores e diminui o risco de perdas por escorrimento (RODRIGUES; ABI SAAB; GANDOLFO, 2011).

Quanto menor a taxa de aplicação menor deverá ser o tamanho de gota gerada pela ponta de pulverização para a mesma cobertura, tendendo a aumentar a penetração das gotas no dossel das culturas e aumento no percentual de cobertura sobre o alvo aplicado (MARTIN; SORIANO; PIEDRA, 2000). Isto se baseia simplesmente no fato do maior número de gotas geradas por área, podendo ser evidenciado

matematicamente pela equação de Courshee (1967) apud MATUO et al. (2010), que estabelece a cobertura teórica de uma pulverização (MATUO et al., 2010):

$$C = 15 x \left(\frac{VxRxK^2}{AxD} \right) \quad (1)$$

Em que: C = Porcentagem de cobertura; V = taxa de aplicação (L ha⁻¹); R = taxa de recuperação (% do volume aplicado captado pelo alvo); K = fator de espalhamento de gotas; A = superfície vegetal existente na área; D = diâmetro de gotas.

Os resultados das pulverizações são variáveis nas lavouras, sendo que o grau de sucesso geralmente é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura (CUNHA et al., 2006). Maiores percentuais promovem, por exemplo, melhores níveis de controle por fungicidas de contato e maior absorção de fungicidas sistêmicos (AZEVEDO, 2007). Este mesmo raciocínio vale para o uso de herbicidas e inseticidas, em que a ação do produto é por contato. Os usos de produtos de contato requerem maiores número de gotas pulverizadas ou gotas mais finas, com o intuito de promoverem maiores níveis de cobertura sobre o alvo, enquanto os produtos sistêmicos necessitam de menor número de gotas, uma vez que são translocados no interior das plantas.

2.1.2 Gotas de pulverização

O estudo do tamanho das gotas é preocupação antiga da academia. Normalmente são classificadas segundo o seu diâmetro mediano volumétrico (DMV), medido em micrômetros (µm). Matuo (1990) relata que o DMV é o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais. Uma destas partes contém um volume em gotas, cujos tamanhos são menores que o DMV referente e a outra metade do volume possui gotas maiores que o DMV referente.

O tamanho das gotas é estabelecido conforme as pontas de pulverização referência padronizadas na norma ASAE S-572.2 da ASABE (2018). Esta norma diz que as classes do tamanho de gotas produzidas por uma ponta de pulverização são classificadas como extremamente finas, muito finas, finas, médias, grossas e muito grossas. Para se saber que classe de gota é produzida por determinada ponta é preciso

comparar o seu DMV aos das pontas de referência, pelo mesmo método de determinação do tamanho das gotas.

Já em 1958, Fraser citava que gotas maiores que 100 μm (gotas finas) para a aplicação de inseticidas de contato são pouco eficientes. O autor ainda recomenda a utilização de gotas de tamanho entre 100 a 300 μm para a aplicação de herbicidas de contato.

Matuo (1990) sintetizou, numa tabela, o tamanho adequado das gotas para cada tipo de alvo (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Tamanho de gotas adequado para alguns alvos.

Alvo	Tamanho de gota (μm)	Classificação BCPC
Inseto em vôo	10 – 50	Muito fina
Insetos na folhagem	30 – 50	Muito fina
Folhagem	40 – 100	Muito fina
Solo	250 – 500	Média a grossa

Fonte: adaptado de Matuo (1990)

Ozkan (1994) recomendou tamanhos de gotas para fungicidas, inseticidas e herbicidas entre 100-200, 200-300 e 250-400 μm , respectivamente.

Carrero (1996) estabeleceu o número de gotas. cm^{-2} em função do tamanho de gotas e volume da calda pulverizada (Tabela 2.3). Esta relação pode ser calculada pela equação 2.

Tabela 2.3 - Número de gotas. cm^{-2} em função do tamanho das gotas e volume de pulverização.

DMV (μm)	Volume de pulverização (L ha^{-1})				
	60	80	100	150	200
100	1150	1530	1910	2870	3820
200	150	200	240	360	480
300	42	56	71	106	140
500	9	12	15	23	30

Fonte: Carrero (1996)

$$n = \frac{60}{\pi} \left(\frac{100}{d} \right)^3 Q \quad (2)$$

Onde:

n é o número de gotas por cm²;

d é o diâmetro das gotas (µm);

Q é o volume de pulverização (litros).

Antuniassi e Baio (2004) relataram sobre a importância da 10 densidade de gotas para uma ação eficiente do produto fitossanitário, sumarizada na Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Densidade de gotas.

Produto	Gotas.cm ⁻²
Inseticida	20 a 30
Herbicida Pré-emergentes	20 a 30
Herbicida Pós-emergentes	30 a 40
Fungicida sistêmico	30 a 50
Fungicida de contato	> 70

Fonte: Adaptado de Ruedell (2002)

2.1.3 Pontas de pulverização

Existem no mercado diferentes tipo de pontas de pulverização (BAUER; RAETANO, 2004). No entanto, a seleção do tipo de ponta de pulverização tem sido amplamente usada como estratégia na redução de deriva e da contaminação do meio ambiente, em virtude principalmente do tamanho de gotas formado pelas pontas (COSTA et al., 2012). O autor afirma que quanto menor o tamanho da gota formada pela ponta de pulverização, maior tende a ser a deriva proporcionada pela mesma.

O uso de pontas com indução de ar tem crescido muito pelo potencial de redução de deriva (ZHU et al., 2004). No entanto, devido ao tamanho de gota, a pulverização com este tipo de ponta pode comprometer a cobertura das plantas e promover o escorrimento e perdas das gotas para o solo (SOUZA et al., 2012).

Souza et al.(2012), afirmam que pontas que produzem gotas grossas podem ser utilizadas na dessecação de plantas infestantes com o herbicida 2,4-D, sem comprometer a cobertura do alvo. Entretanto, obtiveram como resultado maiores valores de depósito nas folhas utilizando pontas com pré-orifício (gotas médias) e maiores valores de depósito no solo, com as pontas de pulverização que formam gotas grossa e muito grossas. Os mesmos autores relatam a dificuldade da retenção das gotas grossas ou muito grossas a superfície foliar e tendo com destino muitas vezes, o solo.

Quirino et al. (2013), também relataram que a geração de gotas com diâmetro superiores a 600 μm é problemática devido grande risco de escorrimento para o solo, em função do seu maior potencial de coalescimento.

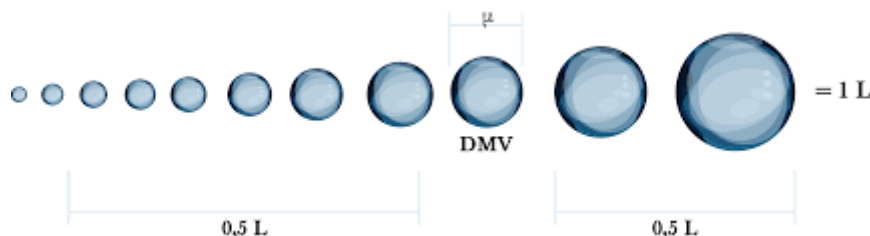
Alguns produtos são dependentes de uma aplicação com a utilização de gotas médias e finas (CUNHA et al., 2010c). É o caso dos produtos de ação por contato e grande parte dos fungicidas sistêmicos registrados apresentam movimentação no sentido da base para o ápice da folha, com mínima chance de ocorrer o contrário, e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra.

2.1.4 Espetro de gotas na pulverização

Os diferentes tamanhos de gotas produzidos em uma pulverização são caracterizados através do espectro de gotas e é uma função do tipo de ponta, tamanho do orifício e pressão de trabalho (PAULSRUD; MONTGOMERY, 2005; MADALOSSO, 2007). O espectro de gotas tem sua classificação frequentemente referenciada pelo DMV (Diâmetro Médio Volumétrico), sendo relevante para a seleção de uma ponta de pulverização específica, pois o diâmetro das gotas influencia sua capacidade de cobertura e penetração (RAMOS, 2001; FAGGION; ANTUNIASSI, 2004). O DMV é definido como o diâmetro mediano da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais,

em que uma parte é constituída de gotas de diâmetro superior ao DMV e outra parte por gotas de diâmetro inferior, conforme Figura 2.1 (FERREIRA et al., 2009; BAESSO et al., 2014).

Figura 2.1 - Representação gráfica do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).



Cunha et al. (2010a), avaliam que o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor e por isso, a amplitude relativa deve ser analisada conjuntamente para a caracterização da pulverização, pois, a amplitude relativa indica a homogeneidade do espectro de tamanho das gotas.

Miller e Butler Ellis (2000), citam como fatores mais importantes influenciados pelo desempenho da ponta o risco de dispersão da pulverização, a quantidade e distribuição de produto e a absorção ou modo de ação da substância química na superfície do alvo. Para aplicação de fungicidas em soja, as pontas que produzem gotas finas são muito utilizadas, pois proporcionam maior cobertura do alvo, entretanto, estas são mais sujeitas à deriva (CUNHA et al., 2006). O uso de pontas de pulverização do tipo cone vazio é recomendado para aplicações de fungicidas ou inseticidas em situações onde há necessidade de penetração e completa cobertura da cultura, entretanto, o potencial de deriva é maior que de outras pontas devido à produção de gotas pequenas (GRISSE et al., 2013). Uma alternativa proposta para minimizar o risco de deriva é através do uso de pontas do tipo jato plano, as quais apresentam características de formação reduzida das gotas com tamanho inferior a 100 μm (ANDEF, 2004).

Uma vez que a pulverização produz gotas de diferentes tamanhos, há a necessidade de se usar critérios técnicos para a sua análise e principalmente sua quantificação, podendo-se dessa forma comparar o tamanho das gotas produzidos por diferentes equipamentos. Assim, vários pesquisadores têm utilizado do método de difração de raios laser para estudo e análise do espectro de gotas produzidas por diferentes equipamentos (CUNHA et al. 2005; FERREIRA et al., 2007).

Miller e Buttler Ellis (2000), citam que análises do tamanho de partículas por métodos a laser já estão bem estabelecidas, sendo mais comuns os métodos Phase Doppler Analyses (PDA) e por difração de raios laser (difração de luz laser de baixo ângulo). Ambos os métodos avaliam gotas no ar, no trajeto entre a ponta de pulverização e o alvo, com sensibilidade para diâmetros sub-micrométricos, extremamente suscetíveis à deriva e à evaporação e muito difíceis de serem avaliados por métodos de captura em superfície, devido à não deposição e à duração efêmera das gotas (FERREIRA et al., 2007).

2.1.5 Condições ambientais no momento da aplicação

As condições climáticas poderão impactar significativamente no sucesso das aplicações, pois estas são responsáveis diretamente pela deriva (ou exoderiva, quando há o deslocamento das gotas para fora da área tratada) e evaporação das gotas, além de influenciarem na absorção pelas plantas. A temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar e vento são alguns dos fatores que interagem sobre o meio e provocam diferenças nas condições ambientais no decorrer do dia (SKUTERUD et al., 1998; PENCKOWSKI et al., 2003). De acordo com a ANDEF (2004), as condições ideais para pulverização são a umidade relativa mínima de 50%, velocidade do vento de 3 a 10 km/h e temperaturas abaixo de 30°C.

Normalmente o início da manhã, final da tarde e noite apresentam condições climáticas mais favoráveis à pulverização, permitindo a recomendação de gotas finas, no entanto, o aumento considerável da temperatura com decréscimo da umidade relativa exige alteração no padrão de gotas (SANTOS, 2007).

Os períodos noturnos geralmente apresentam condições mais favoráveis em relação ao diurno, pois reduzem os riscos da exposição dos produtos a fenômenos de perdas como volatilização e foto-decomposição, além da própria evaporação (FERREIRA et al., 1998). Antuniassi e Baio (2008) alegam que a presença de orvalho em períodos noturnos (madrugada) e início da manhã podem afetar tecnicamente a aplicação, pois há probabilidade de eventuais escorrimentos e diluição do

produto. Ainda, a possível ocorrência do fenômeno de inversão térmica, caracterizada pela mínima presença ou ausência de ventos e a formação de uma camada de ar densa sobre o solo ou mesmo sobre o dossel da cultura, causam a suspensão das gotas e tornam estas mais expostas à deriva (ENZ et al., 2004).

No que se refere à absorção de produtos pelas plantas, temperaturas moderadamente quentes podem estimular a penetração foliar através do aumento na taxa de fotossíntese e translocação dentro da planta (CURRIER; DYBING, 1959). Cieslik et al. (2013), afirmam que a melhora da eficácia de um herbicida pulverizado em condição de elevada umidade relativa do ar atribui-se ao aumento da hidratação da cutícula e retardo na secagem das gotas.

A hidratação da cutícula melhora a penetração de compostos hidrofílicos, enquanto o transporte transcuticular de compostos não polares se eleva por fatores como redução na viscosidade das ceras (KIRKWOOD, 1999). Em condições de campo geralmente se observa aumento da temperatura com decréscimo da umidade em determinados períodos do dia, o que limita a taxa de absorção devido à deriva da solução e baixos níveis de hidratação da cutícula (FERNÁNDEZ; EICHERT, 2009).

2.1.6 Parâmetros de qualidade e perdas nas pulverizações

Diversos são os parâmetros avaliados em estudos relacionados à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Eles podem ser divididos em parâmetros inerentes a qualidade da aplicação (cobertura, deposição, penetração), eficácia da aplicação (nível de controle de um determinado agente nocivo) e perdas (potencial risco de deriva e evaporação).

O parâmetro denominado cobertura refere-se à distribuição das gotas sobre o alvo da aplicação. É um parâmetro de avaliação qualitativa que expressa a porcentagem de cobertura das gotas pulverizadas sobre a superfície analisada. Este parâmetro sofre influência da taxa de aplicação, tamanho da gota pulverizada, fator de espalhamento das gotas pulverizadas e superfície analisada (NASCIMENTO, 2011).

A medição da porcentagem de cobertura da pulverização pode ser realizada nas plantas alvo (alvos naturais) ou em alvos simulados (alvos artificiais) (FOX et al., 2001). Para alvos naturais, o uso de marcadores fluorescentes na calda de pulverização é um método bastante utilizado (PALLADINI; RAETANO; VELINI, 2005; ABI SAAB, 1996 e 2000). Entretanto, a exposição do marcador fluorescente a radiação solar pode sofrer degradação (SALYANI; FOX, 1999).

Os alvos artificiais são utilizados devido a sua praticidade de manuseio e podem ser feitos a partir de papel cartolina (BALAN et al., 2005) ou papel tipo kromekote (PESSOA; CHAIM, 1999), necessitando, contudo de um corante na calda de pulverização para a marcação das gotas sobre o papel.

Os cartões de papel hidrossensível são os mais utilizados, por não precisarem de corante na calda de pulverização e apresentarem softwares específicos para avaliação (SALYANI; FOX, 1994).

O depósito é um parâmetro quantitativo que determina a quantidade depositada da calda de pulverização sobre o alvo (NASCIMENTO, 2011). Assim como a cobertura, o depósito podem ser estudado tanto em alvos naturais e artificiais. A determinação da quantidade de calda depositada pode ser mensurada por espectrofotometria (CUNHA et al., 2005), cromatografia (ABI SAAB, 2000) e condutividade elétrica (BALAN et al., 2008), dependendo da solução marcadora que é colocada na calda.

As soluções marcadoras devem ser sensíveis à detecção, possibilitar o uso em análise quantitativa com rapidez, ser solúveis quando misturadas à calda, com efeito físico mínimo na pulverização e menor evaporação das gotas, apresentar propriedades distintas para se diferenciar de outras substâncias e ser estáveis, atóxicas e de baixo custo (YATES; AKESSON, 1963).

No feijão (CHAIM; VALARINI; PIO, 2000; CHAIM et al., 1999a), por exemplo, as análises da deposição em diferentes estádios de crescimento das plantas demonstraram que as perdas variaram entre 49 a 88% do total do produto aplicado. Para a cultura de tomate rasteiro (CHAIM et al., 1999a), com plantas em estádios de crescimento de 40 e 70 cm de altura, as perdas variaram entre 44 e 71%. O porte das plantas influencia as perdas para o solo, mas as maiores porcentagens de deriva ou

evaporação ocorreram em situações de umidade relativa abaixo de 40% e ventos com velocidades superiores a 4,0 m/s (CHAIM et al., 1999a).

Em cultura de porte arbustivo como o tomate estaqueado (CHAIM et al., 1999b) a porcentagem de deposição de produto fitossanitário variou de acordo com o porte da cultura, atingindo proporções entre 24% a 41% para as plantas e 20% a 39% para o solo. Cerca de 30 a 45% do produto fitossanitário não foi encontrado nas plantas ou no solo, sendo considerado como produto perdido por outras causas, provavelmente evaporação ou deriva.

A deriva é considerada um dos maiores problemas da agricultura (SUMNER; SUMNER, 1999). O desvio da trajetória que impede que as gotas produzidas atinjam o alvo está relacionado, principalmente, ao tamanho de gotas e à velocidade do vento (SILVA, 1999). De acordo com as condições ambientais, é preciso conhecer o espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental.

Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (SUMNER, 1997; MURPHY; MILLER; PARKIN, 2000; WOLF, 2000). Oliveira, Antuniassi e Gandolfo (2015) enfatizam que o potencial risco de deriva está associado a quantidade de gotas menores de 100 μm produzida pela ponta de pulverização e/ou associação da ponta com a calda de pulverização. A porcentagem de gota menores de 100 μm pode ser determinada por técnica por difração de raio laser (OLIVEIRA; ANTUNIASSI; GANDOLFO, 2015).

A porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm , diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e a amplitude relativa (AR) definem o potencial de deriva de gotas, a homogeneidade de gotas e o tamanho característico das gotas produzidas por uma determinada ponta de pulverização (VIANA et al. 2010).

As perdas por evaporação consistem na perda de massa das gotas, tornando-as mais susceptíveis ao arraste por correntes de ar ou a evaporação total antes de atingir o alvo (CORRÊA, 1985). Diversos trabalhos expõem a evaporação das gotas durante o transporte até o alvo (HOLTERMAN, 2003; VESALA; KUKKONEN, 1992; BAINES; JAMES, 1994). Alves (2016), estudando o comportamento da evaporação em

caldas contendo Glyphosate, constatou que em ambiente com temperatura de 22°C e 75% de umidade relativa o tempo de evaporação de uma gota de 500 µm foi de aproximadamente 250 segundos. A mesma autora, relata ainda que, quando a temperatura foi elevada para 33°C e umidade relativa abaixada para 45%, fez com que o tempo de evaporação da gota reduzisse em 64%.

As perdas por evaporação durante a aplicação de produto fitossanitários são consideradas uma das principais perdas que ocorrem nesta etapa da produção agrícola. Assim, para evitá-las, as condições psicrométricas do ar devem ser constantemente monitoradas durante as pulverizações, com valores recomendados de temperatura do ar inferiores a 30 °C e de umidade relativa superiores a 55% (ANDEF, 2004; RAETANO, 2011). No entanto, tem sido observado que muitos agricultores não consideram as condições meteorológicas no momento da aplicação, sendo que em algumas regiões o percentual de agricultores com este comportamento chega a ser de 80% (ALVARENGA; CUNHA, 2010; TOBI et al., 2011).

As condições psicrométricas são tão importantes que trabalhos mostram que o tempo para a evaporação das gotas aumenta exponencialmente com o aumento da umidade relativa do ar, com registro de valores que chegam a 153% quando se aumenta a UR de 30 para 90% (YU et al., 2009a; YU et al., 2009b). Além destas condições, o tamanho das gotas também tem grande influência sobre estas perdas (XU et al., 2010; YU et al., 2009a; YU et al., 2009b). Yu et al. (2009b) mostraram que o tempo de evaporação pode ser elevado em torno de 9,2 vezes quando o diâmetro da gota é aumentado em 3,6 vezes. Estes fatos revelam que estas duas variáveis devem sempre ser muito bem monitoradas, uma vez que podem ditar o sucesso da aplicação.

A contínua falta de monitoramento das condições psicrométricas pode levar a perdas elevadíssimas, as quais podem alcançar valores aproximados de até 25% do total do produto aplicado (BERG et al., 1999; CARLSEN et al., 2006a). Contudo, Berg et al. (1999) afirmaram que perdas de 50% ou mais também ocorrem em alguns casos, os quais dependem das propriedades do produto químico, técnica de aplicação, condições meteorológicas, dentre outros fatores. Estas observações deixam bem claro que as perdas por evaporação são problemas sérios que provavelmente acontecem em grande escala na maioria das propriedades agrícolas.

Com a ocorrência de perdas do produto aplicado, menor será a quantidade de produto fitossanitário que atinge o alvo e, possivelmente, haverá redução da eficácia do controle fitossanitário. Esse fato é relatado em diversos trabalhos, ao se comparar diferentes horários de aplicação, há indicação de que a deposição do produto químico diminuiu significativamente à medida que o déficit de pressão é aumentado (ALVARENGA et al., 2013; BALAN et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2011).

A evaporação altera todo o espectro das gotas pulverizadas quando estas ainda estão no ar, o qual já foi demonstrado tanto por meio do uso de etiquetas hidrossensíveis (ALVARENGA et al., 2013; ALVARENGA et al., 2014), quanto por aparelhos analisadores de partículas à laser (MACIEL et al., 2016; SASAKI et al., 2016). Este efeito é muito preocupante, uma vez que ao sofrer redução de tamanho, a gota pode ser carregada por longas distâncias através do fluxo de ar (MATTHEWS, 2000). Além das gotas que estão em trajeto até o alvo, aquelas já depositadas também são grande fonte de perdas por evaporação.

A evaporação acumulada durante 24 h pode atingir percentuais de 60% (BERG et al., 1999), em alguns casos 80% (CARLSEN et al., 2006) e em casos mais graves, os quais dependeram do produto químico aplicado, chegaram a representar 99% do volume total depositado (RÜDEL, 1997). Assim, mesmo após as gotas atingirem o alvo, o tratamento fitossanitário tem grandes chances de ficar prejudicado.

2.2 ADJUVANTES

Os adjuvantes surgiram com o propósito de auxiliar outros materiais a serem mais eficientes (HAZEN, 2000) e são utilizados em produtos fitossanitários para assegurar que cada gota de água contenha quantidade similar do ingrediente ativo, já que muitos destes não são solúveis em água (STICKLE, 1992). Chow e Grant (1992) afirmam que os adjuvantes são essenciais para um bom desempenho da maior parte dos produtos fitossanitários, por aumentar sua eficácia e conseqüentemente reduzir a quantidade de ingrediente ativo no ambiente. Baur et al. (1997) relataram que raramente os produtos fitossanitários são vendidos sem adjuvantes, sendo que a maior parte das formulações contém surfactantes. De acordo com Green (2000), os adjuvantes estão auxiliando a

revolucionar este setor como uma ferramenta para os usuários melhorarem a aplicação, com melhor relação custo-benefício, além do controle de pragas, doenças e plantas daninhas de forma mais aceitável ambientalmente.

Os adjuvantes são substâncias que facilitam a aplicação, reduzem perdas e riscos, melhoram o desempenho do produto fitossanitário (TU; RANDALL, 2001; ARAÚJO; RAETANO, 2011; VARGAS; ROMAN, 2006; KISSMANN, 1998) ou modificam as características físicas das misturas (ASTM, 1995, VARGAS; ROMAN, 2006), com exceção da água (KISSMANN, 1998).

De acordo com Green (2000), os adjuvantes, através de mudanças das propriedades físicas e químicas, podem influenciar os processos de formulação de produto fitossanitários (compatibilidade, solubilidade, estabilidade e formação de espuma), pulverização (deriva e evaporação), retenção (reflexão e adesão), modificar a deposição (molhamento, espalhamento e solubilização) e penetração. Suas funções são descritas por Stickle (1992) como molhante, adesiva, espalhante, espumante, anti-espumante, dispersante, redutor de deriva e também como responsável pelo aumento da atividade biológica do produto fitossanitário.

De acordo com McWhorter (1982), os adjuvantes são provavelmente o grupo menos compreendido dentre os químicos utilizados na agricultura e diferenças sobre a terminologia destes produtos é esperada (HAZEN, 2000; GREEN, 2000).

Dentre os adjuvantes, os surfactantes são os mais utilizados e possivelmente os mais importantes (MILLER; WESTRA, 1998). Os surfactantes podem ser classificados como modificador de calda, por aumentar a emulsificação, dispersão, espalhamento, adesão e molhamento; no entanto, também interferem na absorção do produto por modificar as características da cutícula da planta, podendo, também, ser classificado como ativador (HESS, 1997), além de possuir características do grupo dos adjuvantes úteis, como os anti-espumantes (MCMULLAN, 2000). Dessa forma, um adjuvante pode ter mais que uma função (TU; RANDALL, 2001), mas nenhum irá proporcionar todos os efeitos descritos (STICKLE, 1992) sendo a classificação destes produtos apenas uma maneira de compreender seu modo de ação e suas propriedades.

Na agricultura, também são utilizados como adjuvantes dois tipos de óleos: o mineral e o vegetal (HESS, 1997). Os óleos minerais são originados de uma fração da destilação do petróleo. Os óleos vegetais são extraídos por pressão ou com a

utilização de solventes, e são normalmente hidrocarbonetos com 16 ou 18 carbonos. Estes óleos precisam ser purificados para remover resinas, mucilagens e fosforolipídeos (MENDONÇA et al., 2007).

Os óleos minerais e os óleos vegetais possuem amplo espectro de uso. São utilizados isoladamente tanto no controle de insetos e fungos, quanto como adjuvantes adicionados às caldas de pulverizações. Adicionados aos inseticidas, favorecem principalmente o controle de cochonilhas e ácaros. De forma similar, auxiliam no controle do fungo causador da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), na cultura da banana, quando associados aos fungicidas, bem como no controle de plantas daninhas, em misturas aos herbicidas aplicados em pós-emergência.

Exercendo o papel de adjuvante, os óleos favorecem o espalhamento e a absorção, reduzindo a degradação de ingrediente ativo e a tensão superficial (MENDONÇA, et al. 2007). Dentre as principais vantagens do uso do óleo na aplicação de agrotóxicos, pode-se destacar a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula e a ação antievaporante, proporcionada pela diminuição das perdas causadas pela evaporação da água de pulverização, promovendo melhor molhabilidade em superfícies hidrorrepelentes. Alguns outros benefícios podem ser citados quando se utilizam os óleos como aditivos, tais como a redução da hidrólise do defensivo na água do tanque e redução da fotodecomposição (DURIGAN, 1993).

Segundo Hess (1997), os óleos emulsionáveis utilizados como adjuvantes contêm 80 a 98% de óleo não-fitotóxico e 2 a 20% de surfactante e, nessa formulação, podem aumentar a absorção de herbicidas lipofílicos, quando comparados com a utilização do surfactante sozinho. A formulação de cada óleo emulsionável varia muito entre os produtos comerciais, já que as empresas não indicam no rótulo do produto o tipo de adjuvante utilizado como emulsificante, apenas descrevem a proporção utilizada. Sabe-se que o tipo de emulsificante utilizado na formulação determinará algumas das características físico-químicas da calda de pulverização, como a tensão superficial.

Devido ao baixo custo e a disponibilidade, tem-se usado muito o óleo de soja no Brasil. Cu et al. (1992) avaliaram o efeito do óleo de soja como adjuvante no tamanho de gotas analisadas em alvos artificiais, e concluíram que ocorre um aumento no diâmetro de gotas com o acréscimo de óleo à calda de pulverização, o que reduz a deriva.

3. ARTIGO A – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR SOBRE AS GOTAS FORMADAS EM DIFERENTES AGROQUÍMICOS ISOLADOS OU ASSOCIADOS À ÓLEOS EM DIFERENTES PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

3.1 RESUMO

O tempo de vida de uma gota, em sua trajetória entre a ponta de pulverização e o alvo biológico, depende do seu tamanho e da condição ambiental a qual foi submetida. Este tempo é até três vezes maior quando a aplicação com água é feita a 20°C e 80% de umidade relativa (UR), comparada com aplicações a 30°C e 55% de UR. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da temperatura e umidade relativa sobre o espectro de gotas de diferentes composição de caldas aplicadas com três pontas de pulverização em duas condições ambientais. Foi utilizado um analisador de partículas por imagens para determinar o Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), o percentual de gotas menores que 100 µm (%<100 µm) e a amplitude relativa da pulverização (AR). As caldas utilizadas foram Água, Glyphosate (3,0 L ha⁻¹) e Opera (0,5 L ha⁻¹), isolados ou em mistura com Óleo de Laranja (OL) (0,25%), Óleo Mineral (OM) (0,5%) e Óleo Vegetal (OV) (0,5%), em duas condições ambientais: condição ambiental 1 (CA1) – temperatura de 22,3±0,7 °C e umidade relativa do ar (UR) em 72,0±2,1% e condição ambiental 2 (CA2) - temperatura de 35,8±0,8 °C e umidade relativa do ar (UR) em 40,0±5,0%, aplicados em três modelos de pontas de pulverização: jato plano padrão (AXI110015), jato plano com pré-orifício (ADI 110015) e jato plano com indução a ar (AVI110015), posicionadas a 0,4 m de altura.. Para ponta AVI, o DMV das aplicações com Glyphosate, independente da condição ambiental, apresenta redução em média de 34% em relação as demais caldas. Calda contendo Glyphosate, em condição ambiental CA2 com a ponta AVI, reduziu em 55,6% a %<100 µm. A adição de OL aumentou os valores de %<100 µm, quando aplicado com a ponta AXI. A temperatura e a umidade relativa inapropriada a aplicação de produtos fitossanitários afetam o espectro de gotas das pontas de pulverização, principalmente, na ponta AXI, reduzindo a quantidade de gotas pequenas das caldas por acelerar a evaporação nas aplicações com Glyphosate e Opera associado a óleo de laranja. O DMV, porcentagem de gota menores que 100 µm e Amplitude Relativa foram afetados dependendo da composição da calda, do tipo de ponta de pulverização e da condição ambiental. Os menores valores porcentagem de gota menores que 100 µm quando aplicados em condição ambiental de maior temperatura e menor umidade relativa do ar pode estar relacionada a perda decorrentes da evaporação, influenciando também no DMV e Amplitude relativa, umas vez que estes parâmetros estão correlacionados com a %<100 µm.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, condição ambiental, perdas, adjuvantes.

3.2 ABSTRACT

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND RELATIVE AIR HUMIDITY ON AGROCHEMICALS ISOLATED OR ASSOCIATED WITH OILS IN DIFFERENT SPRAYING POINTS

The life time of a drop, in its trajectory between the spray tip and the biological target, depends on its size and the environmental condition to which it was subjected. This time is up to three times longer when the application with water is done at 20 ° C and 80% relative humidity (RH), compared with applications at 30 ° C and 50% RH. The objective of this work was to evaluate the influence of temperature and relative humidity on the droplet spectrum of different spray composition applied to three spray tips in two environmental conditions. An image particle analyzer was used to determine the Volumetric Median Diameter (VDM), the percentage of drops less than 100 µm (% <100 µm) and the relative amplitude of the spray (RA). The mixtures used were Water, Glyphosate (3.0 L ha⁻¹) and Opera (0.5 L ha⁻¹), alone or in mixture with Orange Oil (OL) (0.25%), Mineral Oil (OM) (0.5%) and Vegetable Oil (OV) (0.5%), in two environmental conditions: environmental condition 1 (CA1) - temperature of 22.3 ± 0.7 °C and relative humidity (UR) in 72.0 ± 2.1% and environmental condition 2 (CA2) - temperature of 35.8 ± 0.8 °C and relative air humidity (RH) in 40.0 ± 5.0%, applied in three models of spray tips: standard flat jet (AXI110015), flat jet with pre-orifice (ADI 110015) and flat jet with air induction (AVI110015), positioned at 0.4 m in height. For AVI tip, the DMV of applications with Glyphosate, regardless of the environmental condition, it presents an average reduction of 34% in relation to the other syrups. Syrup containing glyphosate, in environmental condition CA2 with the AVI tip, reduced by 55.6% to % <100 µm. The addition of OL increased the values of % <100 µm, when applied with the AXI tip. The inappropriate temperature and relative humidity the application of phytosanitary products affect the droplet spectrum of the spray tips, mainly, on the AXI tip, reducing the amount of small drops of the syrups by accelerating the evaporation in the applications with glyphosate and Opera associated with oil. orange. DMV, drop percentage less than 100 µm and Relative Amplitude were affected depending on the spray composition, the type of spray tip and the environmental condition. The lowest percentage drop values less than 100 µm when scientific in environmental conditions with higher temperature and lower relative humidity of the air may be related to loss due to evaporation, also influencing DMV and relative amplitude, since these parameters are correlated with the % <100 µm.

Keywords: Application technology, environmental condition, losses, adjuvants

3.3 INTRODUÇÃO

A técnica mais adequada para a aplicação de produtos fitossanitários consiste em produzir uma pulverização com gotas que sejam suficientemente grandes para não se perderem por evaporação e deriva, mas que sejam pequenas o bastante para produzir a cobertura exigida pelo alvo. O tempo de vida de uma gota, em sua trajetória entre a ponta de pulverização e o alvo biológico, dependendo do seu tamanho, pode ser até três vezes maior quando a aplicação é feita a 20°C e umidade relativa (UR) de 80%, comparada com aplicações a 30°C e 50% de UR (MATTHEWS, 2000).

Para realizar uma aplicação bem sucedida de agroquímicos, deve-se atentar à forma de aplicação (ABI SAAB et al., 2011), seleção de pontas, ajuste do volume de calda (ANTUNIASSI; BAILO, 2008), formulação do produto fitossanitário, estrutura das plantas, condições de microclima (ZHU et al., 2008; YU et al., 2009b) e uso de adjuvantes (HAZEN, 2000).

A adição de adjuvantes às caldas de pulverização pode interferir na cobertura, por modificar a taxa de recuperação, através da redução da deriva, o fator de espalhamento e o diâmetro de gotas, sendo possível, sem alterar o volume de aplicação, para uma dada superfície vegetal, incrementar a cobertura de uma aplicação, que resulta em maior absorção, e conseqüentemente, maior eficácia (VILELA, 2012).

Os adjuvantes surgiram com o propósito de auxiliar outros materiais a serem mais eficientes (HAZEN, 2000) e são utilizados em produto fitossanitários para assegurar que cada gota de água contenha quantidade similar do ingrediente ativo, já que muitos destes não são solúveis em água (STICKLE, 1992). Chow e Grant (1992) afirmam que os adjuvantes são essenciais para um bom desempenho da maior parte dos produtos fitossanitários, por aumentar sua eficácia e conseqüentemente reduzir a quantidade de ingrediente ativo no ambiente.

Além disso, alterações nas condições de umidade do ar também influenciam na distribuição dos resíduos dos agroquímicos sobre as plantas, sem e com o uso de adjuvantes, podendo melhorar a absorção do ingrediente ativo (HUNSCHE; NOGA, 2011). Como nem sempre é possível realizar a pulverização dentro dos limites de

temperatura e umidade recomendados, é importante saber qual a influência desses fatores sobre o comportamento das gotas após sua deposição no alvo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da temperatura e umidade relativa sobre o espectro de gotas de diferentes composição de caldas aplicadas em três pontas de pulverização em duas condições ambientais.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários do Instituto Dashen Ltda, em Bandeirantes, Estado do Paraná.

Os tratamentos foram compostos por caldas contendo somente os adjuvantes, herbicida isolado e em mistura com adjuvantes, fungicida isolado e misturados com adjuvantes, a fim de representar situações reais em pulverizações agrícolas. O herbicida utilizado foi sal de potássio (Glyphosate), equivalente ácido 480 g L⁻¹ (Roundup Transorb R[®]), na dose de 3,0 L ha⁻¹. O fungicida utilizado foi piraclostrobina 133 g L⁻¹ + epoxiconazol 50 g L⁻¹ (Opera[®]), na dose de 0,5 L ha⁻¹. Os adjuvantes utilizados foram um óleo mineral (Nimbus[®]), um óleo vegetal (Vegetal Oil[®]) e óleo de laranja (Wetcit[®]), na concentração recomendada pelo fabricante. A composição dos tratamentos está descrita na Tabela 3.1. O volume de calda utilizado foi equivalente a 100 L ha⁻¹ e as doses dos adjuvantes, de acordo com a recomendação dos fabricantes.

Tabela 3.1 - Caldas utilizadas no experimento.

Código do tratamento	Produto	Adjuvante	Concentração (%)
Ag	Água	-	-
Gly	Glyphosate	-	-
Op	Opera	-	-
Ag + OL	Água	Óleo de Laranja	0,25
Ag + OM	Água	Óleo Mineral	0,5
Ag + OV	Água	Óleo Vegetal	0,5
Gly + OL	Glyphosate	Óleo de Laranja	0,25
Gly + OM	Glyphosate	Óleo Mineral	0,5
Gly + OV	Glyphosate	Óleo Vegetal	0,5
Op + OL	Opera	Óleo de Laranja	0,25
Op + OM	Opera	Óleo Mineral	0,5
Op + OV	Opera	Óleo Vegetal	0,5

¹ dose simulando uma aplicação de 100 Lha⁻¹

O delineamento foi fatorial 12 (caldas) x 2 (condições ambientais), experimento foi conduzido em 4 repetições e para as aplicações foram utilizadas três pontas de pulverização, jato plano padrão, modelo AXI11015, jato plano padrão com pré-orifício, modelo ADI11015 e jato plano padrão com indução a ar, modelo AVI110015, pressurizadas a 300 kPa por CO₂.

Figura 3.1 - Pontas de pulverização utilizada no experimento: modelo AXI110015 (A); modelo ADI110015 (B); modelo AVI110015 (C). (JACTO, 2020)

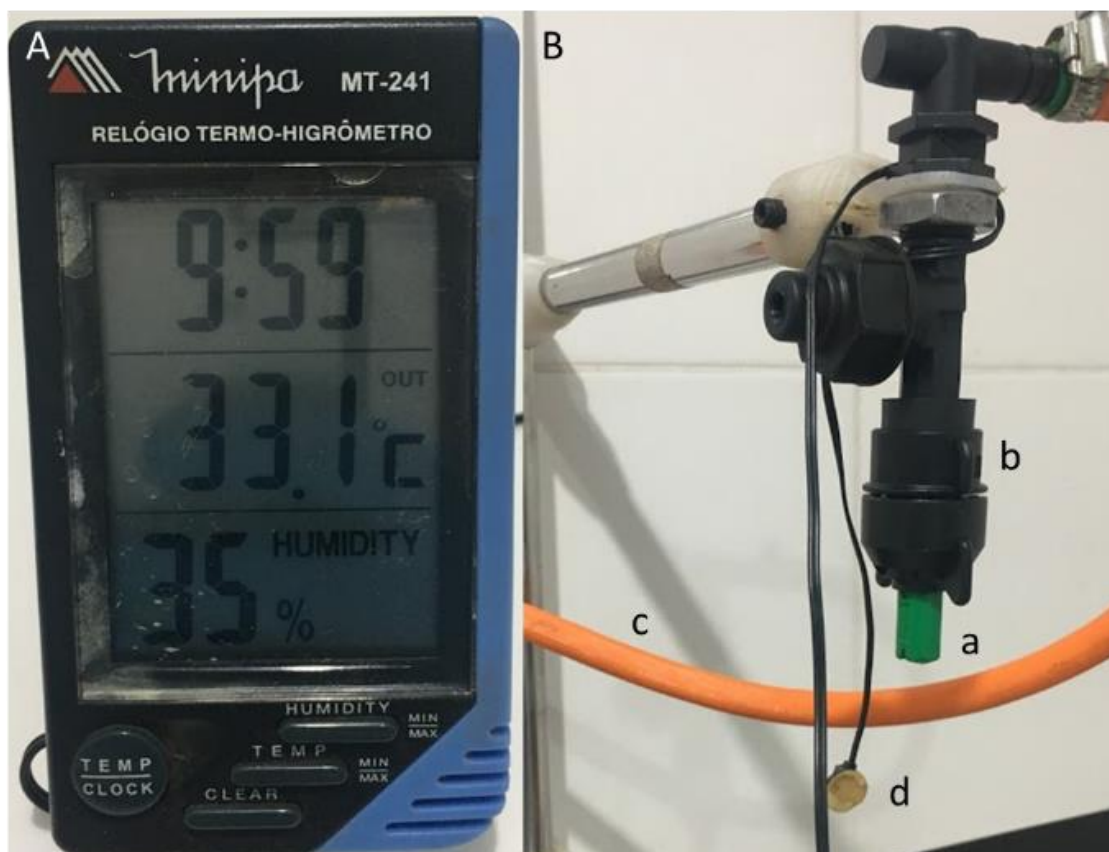
A proposta do experimento consistiu em relacionar os parâmetros avaliados em diferentes temperaturas e condições de umidade relativa do ar (UR). As

avaliações foram realizadas em uma sala de dimensões de 2,5 x 3,0 x 4,0 m, para facilitar o controle das condições de temperatura e umidade relativa do ar, além de evitar correntes de ar. As condições de umidade relativa do ar e temperatura foram alteradas automaticamente, por um controlador eletrônico, com o auxílio de um aquecedor, um condicionador de ar, um umidificador e um desumidificador de ar.

As aplicações foram realizadas em duas condições: Condição ambiental 1 (CA1) – temperatura de $22,3 \pm 0,7$ °C e umidade relativa de $72 \pm 2,1\%$; Condição ambiental 2 (CA2) – temperatura de $35,8 \pm 0,8$ °C e umidade relativa de $40 \pm 5,0\%$.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por um termohigrômetro modelo MT-241, do fabricante Minipa, onde o sensor foi instalado próximo a ponta de pulverização (Figura 3.2). Os valores de temperatura e umidade relativa foram anotadas no início de cada repetição.

Figura 3.2 - Termohigrômetro (A) e esquema real do posicionamento do bico de pulverização (B): ponta de pulverização (a); bico de pulverização (b); mangueira de pulverização (c); sensor de temperatura e umidade relativa do ar (d).



O espectro de gotas foi caracterizado utilizando-se um analisador de partículas por imagens, modelo VisiSize Portable P15 (Oxford Lasers, Imaging Division, Oxford, U.K.) e sua disposição está representada na Figura 3.3. A caracterização foi realizada em tempo real por um software, Visisize Particle Sizing, desenvolvido pelo próprio fabricante do equipamento. O sistema analisou o espectro de gotas usando uma técnica chamada de Particle/Droplet Image Analysis (PDIA) ou Análise de Imagens de Partículas/Gotas. Esta metodologia é semelhante à descrita por Guler et al. (2007).

Figura 3.3 - Esquema da área de coleta de dados: manômetro (a); bico de pulverização (b); área de leitura (c); analisador de partícula (d).



O equipamento realiza a mensuração de gotas com faixa de tamanho de 21 μm até 5650 μm . As gotas foram amostradas 0,4 m abaixo da ponta de pulverização e ao menos 10000 gotas foram analisadas para cada repetição. As avaliações foram feitas ao centro da ponta de pulverização, sendo que a área analisada pelo equipamento possuía de 5656 x 5656 mm de largura e altura. Neste método, uma luz de LED foi usada para iluminar a região de interesse do espectro de gotas e uma câmera digital fez a captura das imagens através das sombras das gotas. As áreas das imagens que ficaram na região de foco da câmera foram analisadas pelo software VisiSize.

Dentre os parâmetros avaliados pelo equipamento foram selecionados, para caracterizar o espectro de gotas, o Diâmetro volumétrico de 50% do volume de gotas (Dv0,5) ou Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), o percentual de gotas menores que 100 μm ($\%<100\ \mu\text{m}$) e a amplitude relativa da pulverização (AR).

Para todos os dados verificou-se a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($P<0,05$) e homogeneidade de variância pelo teste de Lavene. As médias foram comparadas pelo intervalo de confiança (IC 95%).

3.5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância realizada nas variáveis DMV, $\%<100\ \mu\text{m}$ e AR, foi verificado efeito significativo na interação entre os fatores (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Análise de variância do fator condição ambiental e Calda e os efeito no Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), porcentagem de gotas menores que 100 μm e Amplitude Relativa (AR).

AVI				
FV	GL	DMV	$\%<100$	AR
		QM	QM	QM
F1: Condição Ambiental	1	27800*	172,002*	1,0695*
F2: Calda	11	39144*	122,137*	2,05406*
F1: F2	11	2237*	21,541*	0,08225*
Resíduo	62	371	1,655	0,04603
ADI				
FV	GL	DMV	$\%<100$	AR
		QM	QM	QM
F1: Condição Ambiental	1	34,3*	2,199*	0,046598*
F2: Calda	11	6263,4*	257,216*	0,309439*
F1: F2	11	151,6*	15,317*	0,007754*
Resíduo	62	18,6	1,762	0,003039
AXI				
FV	GL	DMV	$\%<100$	AR
		QM	QM	QM
F1: Condição Ambiental	1	994,83*	602,39*	0,0000681*
F2: Calda	11	1148,21*	545,74*	0,0092693*
F1: F2	11	18,39*	25,39*	0,035051*
Resíduo	62	10,1	6,85	0,001762

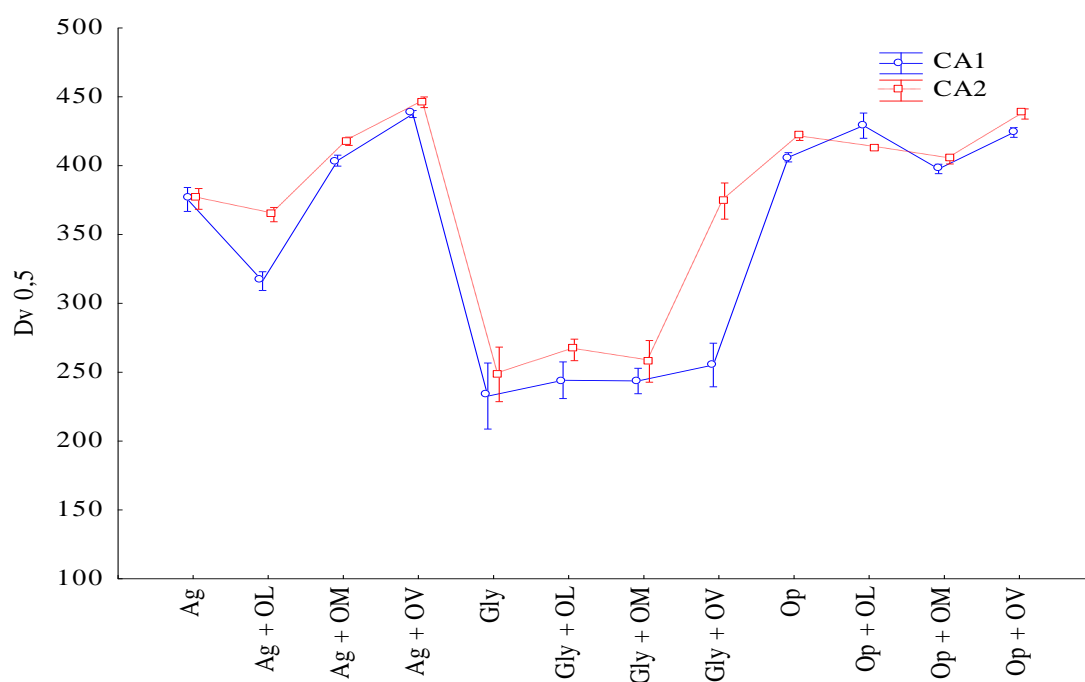
Diferem pelo teste F ($P<0,05$)

Fonte: o próprio autor

A condição ambiental afetou o espectro de gotas, entretanto, o efeito foi variável de acordo com cada ponta de pulverização e composição da calda. Para ponta AVI, o DMV das aplicações com Glyphosate, independente da condição ambiental, apresentou redução em média de 34% do DMV, em relação as demais caldas (Figura 3.4), isto significa que o Glyphosate apresenta um poder de redução do tamanho de gotas formados pela ponta AVI.

Ainda para a mesma ponta de pulverização, a aplicação com a mistura de Glyphosate e Óleo vegetal, quando aplicado em CA2, aumentou o DMV em mais de 100 μm , compensando o efeito do Glyphosate. Esta elevação no DMV foi suficiente para a mudança de classe de gotas, de média para grossa, segundo ASABE (2018).

Figura 3.4 - Diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AVI 110015, em duas condições ambiental.

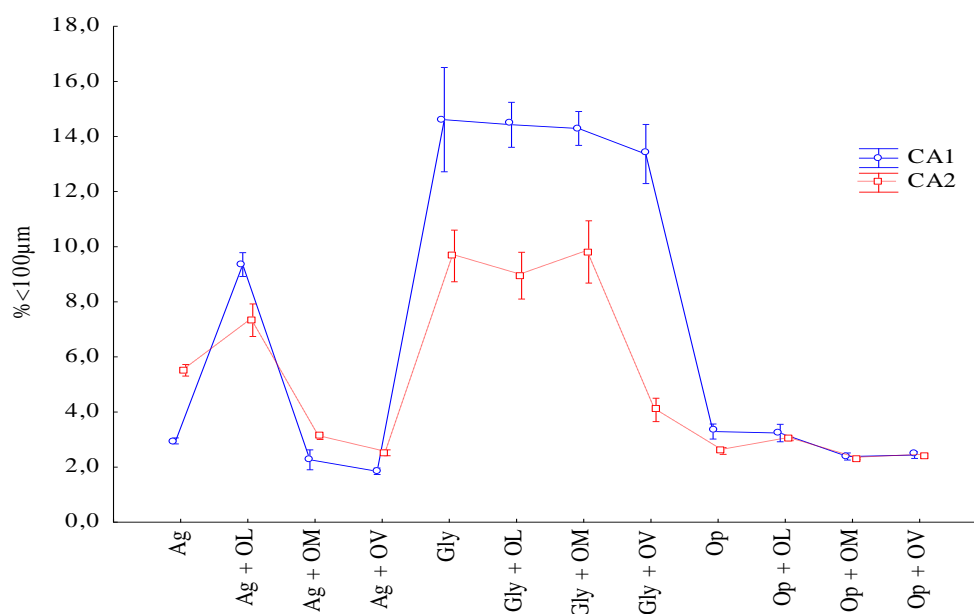


Na Figura 3.5 tem-se a porcentagem de gotas menores que 100 μm , onde foi possível observar que a ponta de pulverização AVI apresenta em média 6,3%, de gotas menores que 100 μm , independente da condição ambiental que foi aplicada. As aplicações com Glyphosate apresentam as maiores amplitudes de redução das gotas menores de 100 μm .

A porcentagem de gotas menores que 100 μm média foi de 7,79% na condição ambiental CA1 e 4,96% para a condição ambiental CA2, representando redução média de 36,3%. Para a calda contendo Glyphosate, a aplicação em condição ambiental CA2 representou redução de 55,6% na porcentagem de gotas menores de 100 μm .

Não foram encontradas referências que possam explicar este efeito, entretanto, isso pode estar relacionado a evaporação das gotas na trajetória entre a ponta de pulverização e o local de captura das gotas. Vários trabalhos têm demonstrado a redução do tempo de evaporação de gotas depositadas em alvo naturais e artificiais, quanto submetidos a um ambiente com alta temperatura (ALVES, 2016) e baixa umidade relativa (ALVES, 2016; CUNHA et al., 2016; ZHU et al., 2008, YU et al., 2009a; VESALA; KUKKONEN, 1992).

Figura 3.5 - Porcentagem de gotas menores que 100 μm ($\% < 100 \mu\text{m}$) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera, isolados ou associados à adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AVI 110015, em duas condições ambiental.



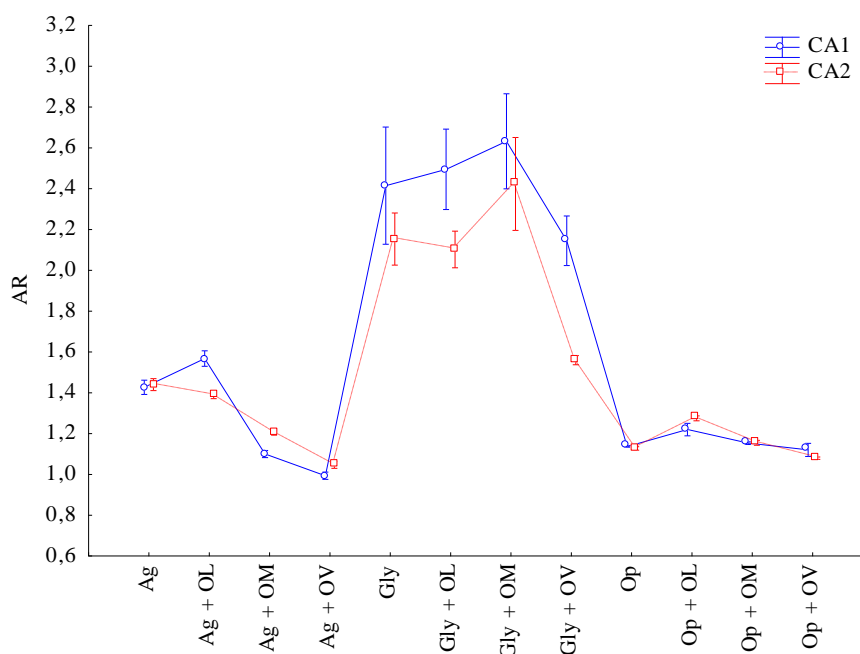
Fungicidas sistêmicos são eficazes em condições de menor cobertura em comparação aos de ação de contato (BOLLER; FORCELINI; HOFFMANN, 2007). Dado a importância em proteger a gota de pulverização, pode-se observar nesta pesquisa, que a adição de óleo mineral ou óleo vegetal ao fungicida Opera[®], não modificou a porcentagem de gotas menores que 100 μm , quando aplicado em condição ambiental CA2. Pode-se interpretar isso como melhora de comportamento das gotas com relação as

variáveis ambientais, embora, segundo Cunha et al., (2008), estes modelos de pontas de pulverização podem comprometer a cobertura das plantas, em razão das gotas serem de maior tamanho.

Nas aplicações com a ponta de pulverização AVI, as caldas contendo Glyphosate apresentaram os maiores valores de AR (Figura 3.6). Numericamente, quanto maior o valor da amplitude relativa, mais desuniformes será o espectro das gotas (CUNHA et al., 2010a). Os mesmos autores afirmam ainda que o espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa tendendo a zero.

As aplicações com Glyphosate apresentaram os maiores valores de AR. A adição de Óleo Vegetal diminuiu a AR de forma não significativa em relação a calda contendo somente o fungicida e significativa, quando em condição ambiental CA2. Este mesmo comportamento foi observado para as demais caldas contendo óleo vegetal.

Figura 3.6 - Amplitude Relativa (AR) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AVI 110015, em duas condições ambientais.

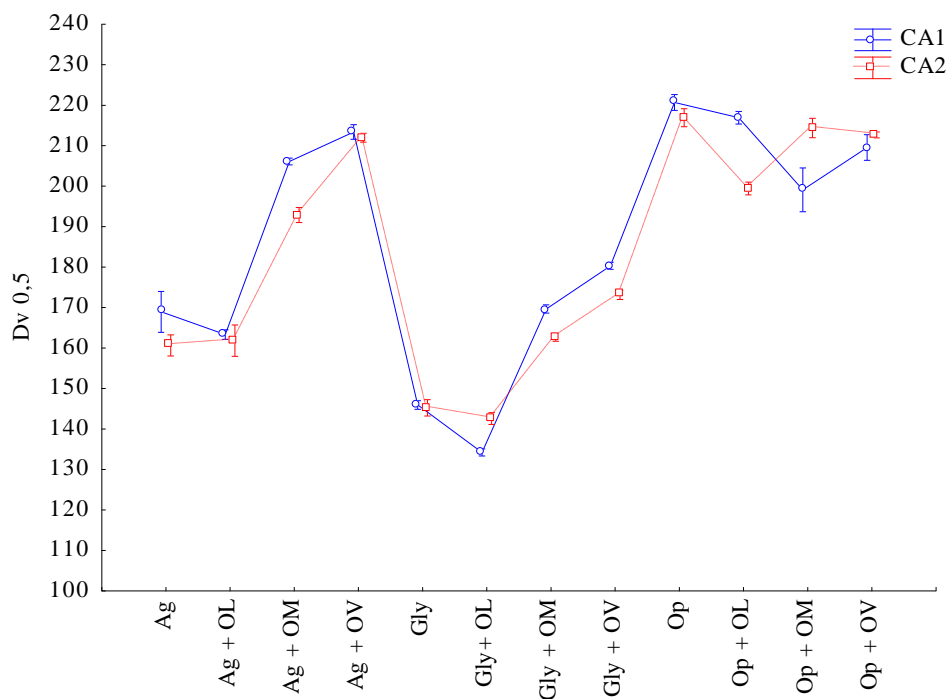


Miller e Butler Ellis (2000), estudando características da pulverização resultante do efeito das formulações, chegaram à conclusão de que as pontas com indução de ar são mais sensíveis às mudanças das características físicas das caldas e que seu

comportamento não segue um mesmo padrão em relação às pontas hidráulicas convencionais.

Para a ponta de pulverização modelo ADI 110015 foi possível observar (Figura 3.7) que com a adição de OM e OV as caldas aumentaram o DMV, independente da condição ambiental, exceto para a calda com Opera. Para Prokop e Kejklíček (2002), as conversões de um líquido em gotas dependem das propriedades físico-químicas das soluções empregadas.

Figura 3.7 - Diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo ADI 110015, em duas condições ambiental.

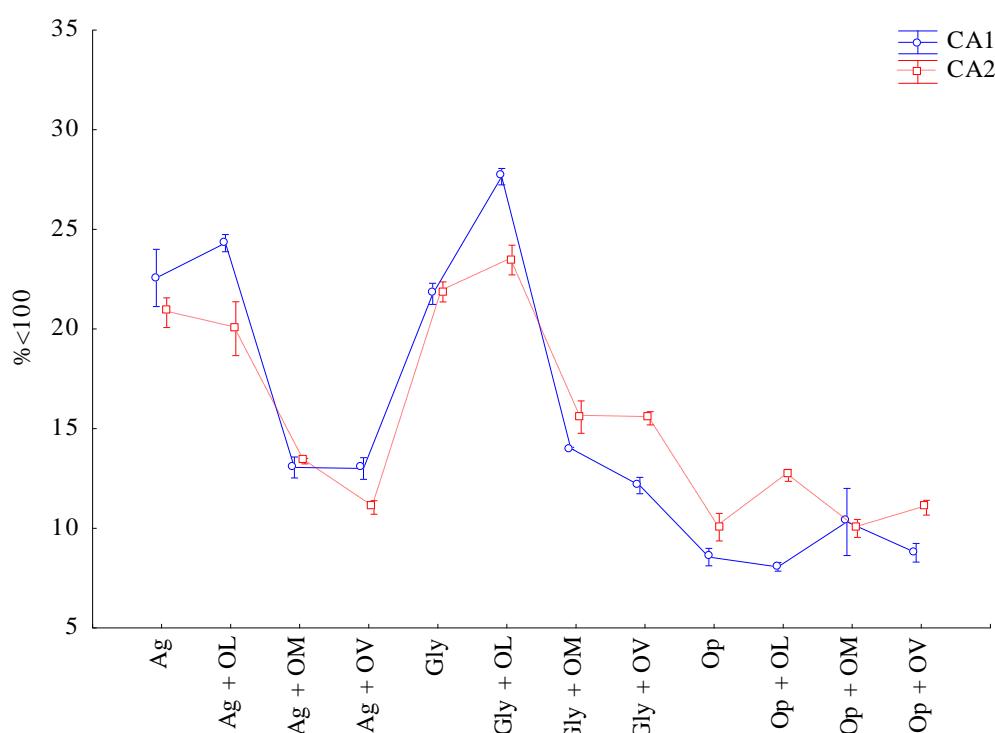


Na Figura 3.8 é possível observar que as caldas contendo OM, OV e Opera apresentaram as menores porcentagem de gotas menores que 100 μm , para as aplicações em condição ambiental CA1. As caldas contendo água, água + OL, Gly e Gly + OL apresentaram os maiores valores de porcentagem de gotas menores que 100 μm . Este efeito pode estar relacionado a viscosidade da calda, como explanado anteriormente.

As aplicações de Gly + OM, Gly + OV, Op, Op + OL e Op + OV em CA2 aumentaram valores de porcentagem de gotas menores que 100 μm em relação a

condição ambiental CA1. Segundo Cunha et al., (2010a) quanto menor essa porcentagem, menor o risco de deriva durante a aplicação. Os mesmos autores relatam ainda que não existe valor-padrão indicativo de risco de deriva ou de aplicação segura. Em geral, valores inferiores a 15% do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm , parecem ser mais adequados a uma aplicação segura (CUNHA et al., 2003).

Figura 3.8 - Porcentagem de gotas menores que 100 μm ($\% < 100 \mu\text{m}$) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo ADI 110015, em duas condições ambiental.

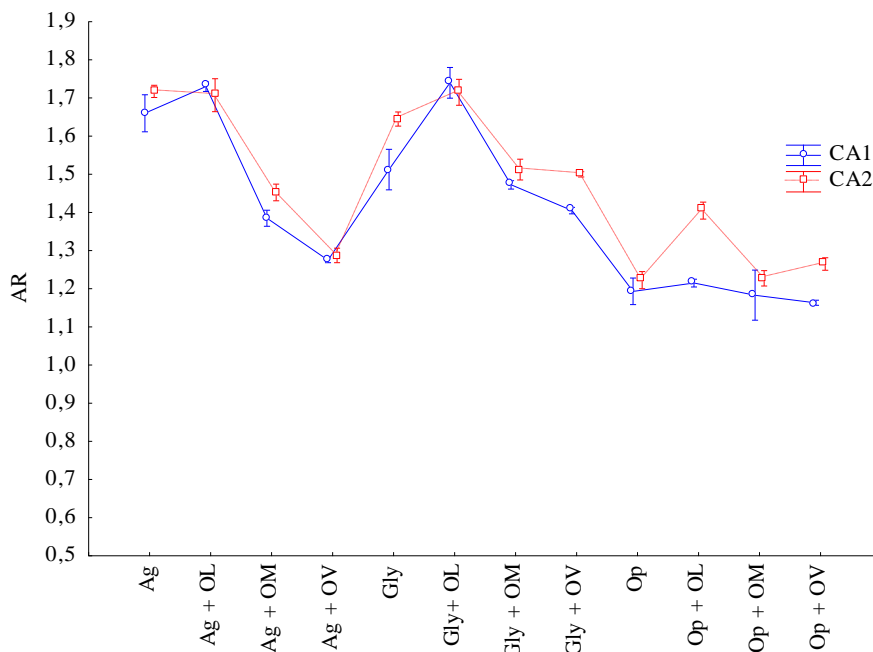


A amplitude relativa das caldas aplicadas com a ponta ADI está apresentada na Figura 3.9. As caldas contendo OV apresentaram os menores valores de AR, para a condição ambiental CA1, contrariando os resultados obtidos por Chechetto e Antuniassi (2012) e Mota (2011), que em aplicações somente com adjuvantes diluído em água, encontraram valores semelhantes com o mesmo tipo de ponta, entretanto, os menores valores foram encontrados para as caldas contendo óleo mineral. As aplicações em CA2 aumentaram 3,5% em relação a CA1, reduzindo a homogeneidade das gotas.

Estes efeitos observados para a ponta de pulverização ADI contrariam o que foi observado para a ponta de pulverização AVI, evidenciando as diferenças na

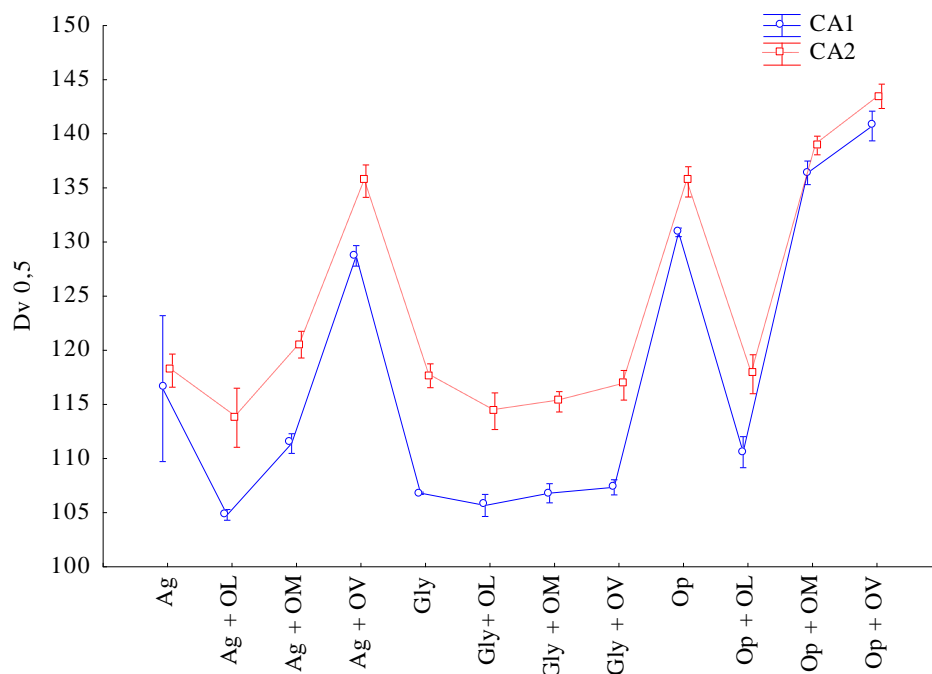
conformação entre as pontas. Entre os fatores, os que influenciam o espectro de gotas produzido por um ponta de pulverização são: propriedades da calda e tipo de ponta de pulverização (WOMAC; MAYNARD; KIRK, 1999).

Figura 3.9: Amplitude Relativa (AR) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo ADI 110015, em duas condições ambiental.



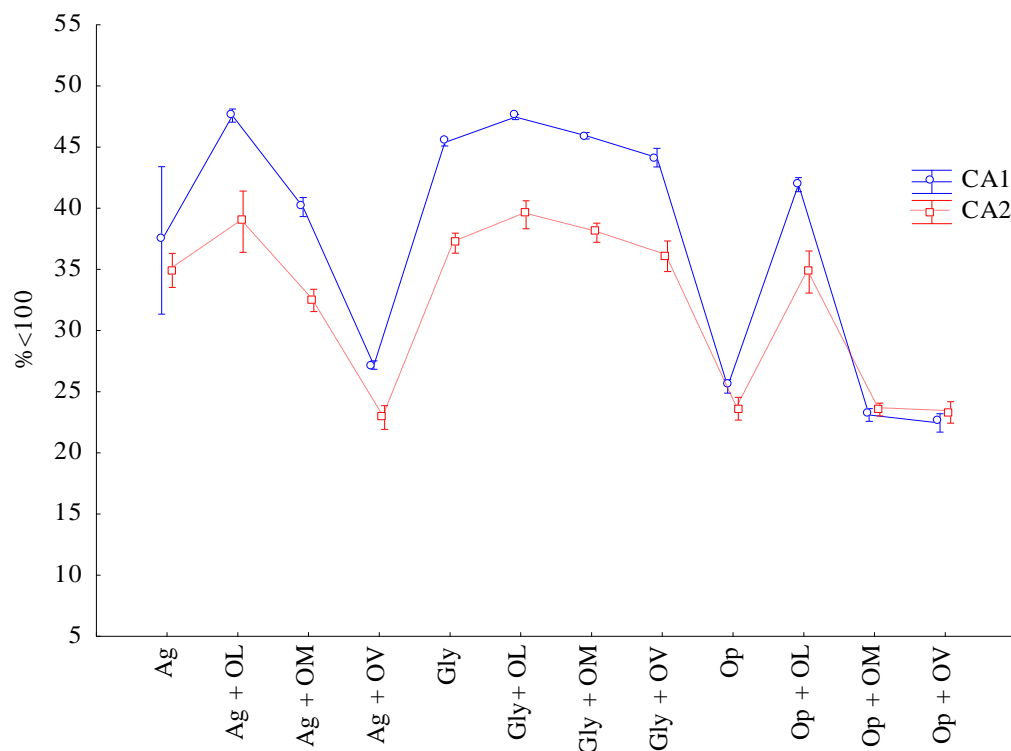
As aplicações com a ponta AXI apresentaram os menores valores de DMV em relação as demais pontas de pulverização. A adição de óleo vegetal as caldas promoveram o aumento nos valores de DMV, exceto para a mistura com Glyphosate, e a adição de OL reduziu os valores de DMV, considerando ambas condições ambientais as quais as pulverizações foram submetidas. As aplicações em CA2 promoveram aumento de 5,1% (Figura 3.10).

Figura 3.10 - Diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AXI 110015, em duas condições ambiental.



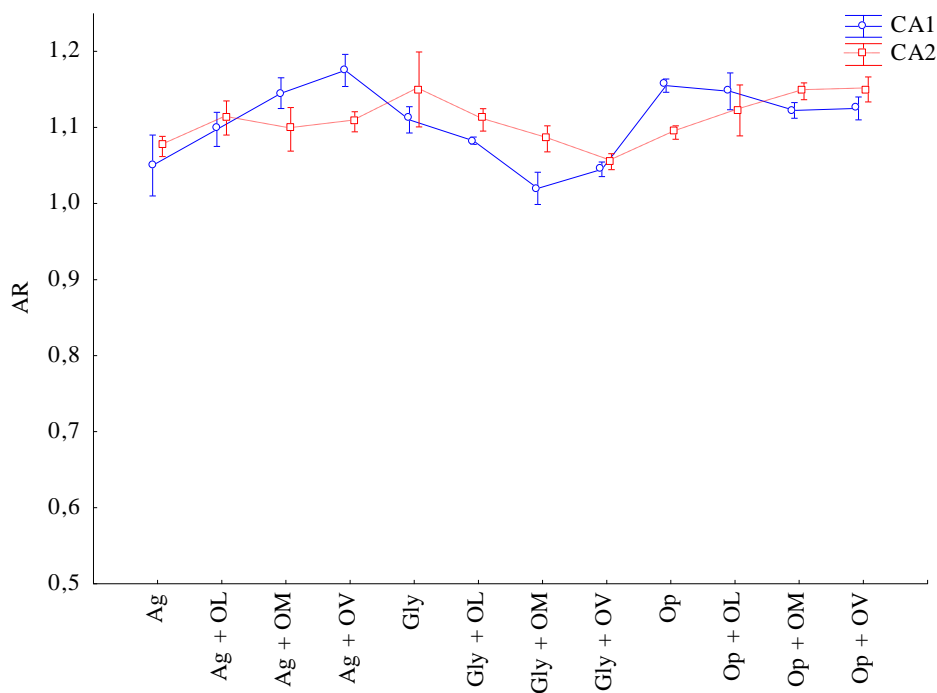
A porcentagem de gotas menores que $100 \mu\text{m}$ estão apresentadas na Figura 3.11, onde é possível observar que as caldas contendo OV e Opera isolado apresentaram os menores valores de porcentagem de gotas menores que $100 \mu\text{m}$. A adição de OL proporcionou aumento nos valores de $\% < 100 \mu\text{m}$. Este comportamento pode estar relacionado a mudança nas características físico-químicas da calda de pulverização, já explorando anteriormente.

Figura 3.11 - Porcentagem de gotas menores que 100 μm ($\% < 100 \mu\text{m}$) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AXI 110015, em duas condições ambiental.



As aplicações com a ponta de pulverização modelo AXI apresentam a melhor homogeneidade média das gotas, independente da agroquímico ou adjuvante, em relação as demais pontas de pulverização (Figura 3.12). Entretanto, deve-se atentar, porém, que o diâmetro de gotas produzidos por este modelo de ponta de pulverização é considerado fino e, portanto, os riscos inerentes desta tecnologia devem-se ser levados em consideração para o momento da pulverização.

Figura 3.12 - Amplitude Relativa (AR) de caldas contendo Água, Glyphosate e Opera isolado ou associado a adjuvantes, aplicados com a ponta de pulverização modelo AXI 110015, em duas condições ambiental.



3.6 CONCLUSÕES

A temperatura e a umidade relativa do ar inapropriadas à aplicação de produtos fitossanitários afetam o espectro de gotas das pontas de pulverização, principalmente, na ponta AXI, reduzindo a quantidade de gotas pequenas das caldas nas aplicações com Glyphosate e Opera associado a óleo de laranja.

O DMV, porcentagem de gota menores que 100 μ m e Amplitude Relativa foram afetados dependendo da composição da calda, do tipo de ponta de pulverização e da condição ambiental.

Os menores valores porcentagem de gota menores que 100 μ m quando aplicados em condição ambiental de maior temperatura e menor umidade relativa do ar podem estar relacionado a perda decorrentes da evaporação, influenciando também no DMV e Amplitude relativa, uma vez que estes parâmetros estão correlacionados com a %<100 μ m.

4. ARTIGO B – CARACTERIZAÇÃO DA EVAPORAÇÃO DINÂMICA DE GOTAS DE PULVERIZAÇÃO

4.1 RESUMO

Perdas de massa pela evaporação tornam as gotas mais susceptíveis ao arraste por correntes de ar ou a evaporação total antes de atingir o alvo. Os problemas relacionados à evaporação de gotas necessitam de atenção, principalmente pelo fato de que a água é volátil e é o veículo mais utilizado em aplicações. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a evaporação dinâmica de gotas de diferentes caldas de pulverização e altura de aplicação. Foi utilizado um analisador de partículas por imagens para determinar o Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV). As caldas utilizadas foram Glyphosate ($2,0\text{L ha}^{-1}$) e o Aproach Prima ($0,5\text{ L ha}^{-1}$), isolados ou em mistura com Óleo de Laranja (OL)(0,25%), Óleo Mineral (OM) (0,5%) e Óleo Vegetal (OV) (0,5%). As gotas foram geradas por uma Microinjetora Nordson®, em uma combinação de pressão, tempo de injeção de ar pressurizado e vácuo. A seringa contendo as caldas foi instalada em duas posições acima da área de leitura do analisador de partícula, 0,2 e 0,4 m, e em duas condições ambientais. As aplicações em condição ambiental inadequada, proporcionaram aumento médio nos valores de $Dv_{0,1}$ em torno de 30% e 69%, em relação a condição ambiental favorável, para a 0,4 e 0,2 m de altura, para aplicações com herbicida. Na variável altura, em queda de aproximados 90%, para H2 em relação a H1, em ambas condições ambientais, para aplicação com fungicida. Os adjuvantes afetaram a característica física da calda, aumentando a quantidade de gotas menores de $100\mu\text{m}$, todavia não reduziram a sua perda por evaporação. A altura de aplicação afeta a perda por evaporação das gotas, sobretudo na porção menor de $100\mu\text{m}$. A aplicação em condição adequada reduz o processo evaporativo, porém não elimina a evaporação das gotas e a condição ambiental inadequada eleva a perda por evaporação das gotas na pulverização. Aplicação em menor altura da barra de pulverização é mais adequado, pois reduz a exposição das gotas ao ambiente e reduz o processo de perdas por evaporação.

Palavras-chaves: Tecnologia de aplicação, perdas na pulverização, gotas de pulverização, adjuvantes, condição ambiental.

4.2 ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF DYNAMIC EVAPORATION OF SPRAY DROPS

Losses of mass through evaporation make the drops more susceptible to entrainment by air currents or total evaporation before reaching the target. The problems related to the evaporation of droplets need attention, mainly due to the fact that water is volatile and is the most used vehicle in applications. The objective of this work was to determine the effect of temperature and relative humidity on the dynamic evaporation of droplets from different spray mixes and application height. An image particle analyzer was used to determine the Volumetric Median Diameter (VMD). The syrups used were Glyphosate (2.0 L ha^{-1}) and Aproach Prima (0.5 L ha^{-1}), alone or in mixture with Orange Oil (OL) (0.25%), Mineral Oil (OM) (0.5%) and Vegetable Oil (OV) (0.5%). The drops were generated by a Nordson® Microinjector, in a combination of pressure, pressurized air injection time and vacuum. The syringe containing the syrups was installed in two positions above the reading area of the particle analyzer, 0.2 and 0.4 m, and in two environmental conditions. The applications in inadequate environmental condition, provided an average increase in the $Dv_{0.1}$ value around 30% and 69%, in relation to the favorable environmental condition, for 0.4 and 0.2 m in height, for applications with herbicide. In the height variable, falling approximately 90%, for H2 compared to H1, in both environmental conditions, for application with fungicide. The adjuvants affected the physical characteristics of the syrup, increasing the amount of drops smaller than $100 \mu\text{m}$, however, they did not reduce its loss through evaporation. The application height affects the drop evaporation loss, especially in the smaller portion of $100 \mu\text{m}$. The application in proper condition reduces the evaporative process, however it does not eliminate the evaporation of the drops and the inadequate environmental condition increases the loss by evaporation of the drops in the spray. Application at a lower height of the spray boom is more appropriate, as it reduces the exposure of the drops to the environment and reduces the process of evaporative losses.

Keywords: Application technology, spraying losses, spray droplets, adjuvants, environmental condition.

4.3 INTRODUÇÃO

A eficiência do controle químico está relacionada ao depósito efetivo do produto fitossanitário no alvo e conseqüentemente absorção do princípio ativo, que por sua vez está ligado ao tempo de espalhamento e evaporação das gotículas depositadas no alvo (VILELA; ANTUNIASSI, 2013).

As evaporações de gotas depositadas em alvos naturais foram investigadas por diversos autores (CUNHA et al., 2016; YU et al., 2009a; YU et al., 2009b), assim como, a evaporação das gotas durante o transporte até o alvo (HOLTERMAN, 2003; VESALA; KUKKONEN, 1992; BAINES; JAMES, 1994). Constatou-se que a dinâmica de evaporação, e as formações pós-depósito de evaporação de gotículas do produto fitossanitário nas superfícies das folhas, foram influenciadas pelo aditivo da mistura de pulverização, pelo tamanho das gotículas e pela umidade relativa (UR). Entretanto, uma porção de as gotículas a serem pulverizadas atingirão o alvo e outra porção será levada pelo vento, cairá no solo ou evaporará (CUNHA et al., 2016).

Perdas de massa das gotas pela evaporação durante o deslocamento até o alvo tornam as gotas mais susceptíveis ao arraste por correntes de ar ou a evaporação total (CORRÊA, 1985). Os problemas relacionados à evaporação de gotas necessitam de atenção, principalmente pelo fato que a água é volátil e é o veículo mais utilizado em aplicações (MATTHEWS, 1992).

Em aplicações de produto fitossanitários com pulverizadores de barras, as gotas formadas com tamanho iguais ou menores que 50 μm tendem a evaporar antes de atingir o alvo, sendo que as que têm diâmetro maior que 200 μm não apresentaram redução significativa até atingir o alvo desejado (ZHU et al., 1994).

Sabendo da importância em realizar uma aplicação com qualidade e maior segurança, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a evaporação dinâmica de gotas em diferentes caldas em função da altura do ponto de coleta.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários do Instituto Dashen Ltda, em Bandeirantes, Estado do Paraná.

O estudo do espectro de gotas foi compreendido pelos seguintes parâmetros: diâmetro da gota que divide a população de gotas, em duas metades iguais em volume de líquido pulverizado ($Dv0,5$) ou diâmetro da mediana volumétrica (DMV); diâmetro da gota, abaixo da qual, se encontra 10 % do volume total de líquido pulverizado ($Dv0,1$); diâmetro da gota, abaixo da qual, se encontra 90 % do volume total de líquido pulverizado ($Dv0,9$); amplitude relativa (AR) e porcentagem do volume pulverizado composta por gotas menores que $100 \mu\text{m}$ ($\%V<100$).

Os tratamentos foram compostos por caldas contendo somente água (controle), herbicida isolado e em mistura com adjuvantes, fungicida isolado e misturados com adjuvantes, a fim de representar situações reais em pulverizações agrícolas. O herbicida utilizado foi sal de potássio (Glyphosate), equivalente ácido 480 g L^{-1} (Roundup Transorb R[®]), na dose de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$. O fungicida utilizado foi piraclostrobina 200 g L^{-1} + ciproconazol 80 g L^{-1} (Approach[®] Prima), na dose de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$. Os adjuvantes utilizados foram um óleo mineral (Nimbus[®]), um óleo vegetal (Vegetal Oil[®]) e óleo de laranja (Wetcit[®]), nas concentrações conforme Tabela 4.1. O volume de calda utilizado foi equivalente a 100 L ha^{-1} .

Tabela 4.1 - Caldas utilizadas no experimento.

Código do tratamento	Produto	Adjuvante	Concentração (%)
Ag	Água	-	-
Gly + OL	Glyphosate	Óleo de Laranja	0,25
Gly + OM	Glyphosate	Óleo Mineral	0,5
Gly + OV	Glyphosate	Óleo Vegetal	0,5
AP + OL	Approach Prima	Óleo de Laranja	0,25
AP + OM	Approach Prima	Óleo Mineral	0,5
AP + OV	Approach Prima	Óleo Vegetal	0,5

¹ dose simulando uma aplicação de 100 L ha^{-1}

As gotas foram geradas pelo equipamento Microinjetora Nordson®, por uma combinação de pressão, tempo de injeção de ar pressurizado e vácuo. A seringa contendo as caldas estava instalada em duas posições acima da área de leitura do analisador de partícula, 0,4 e 0,2 m de altura.

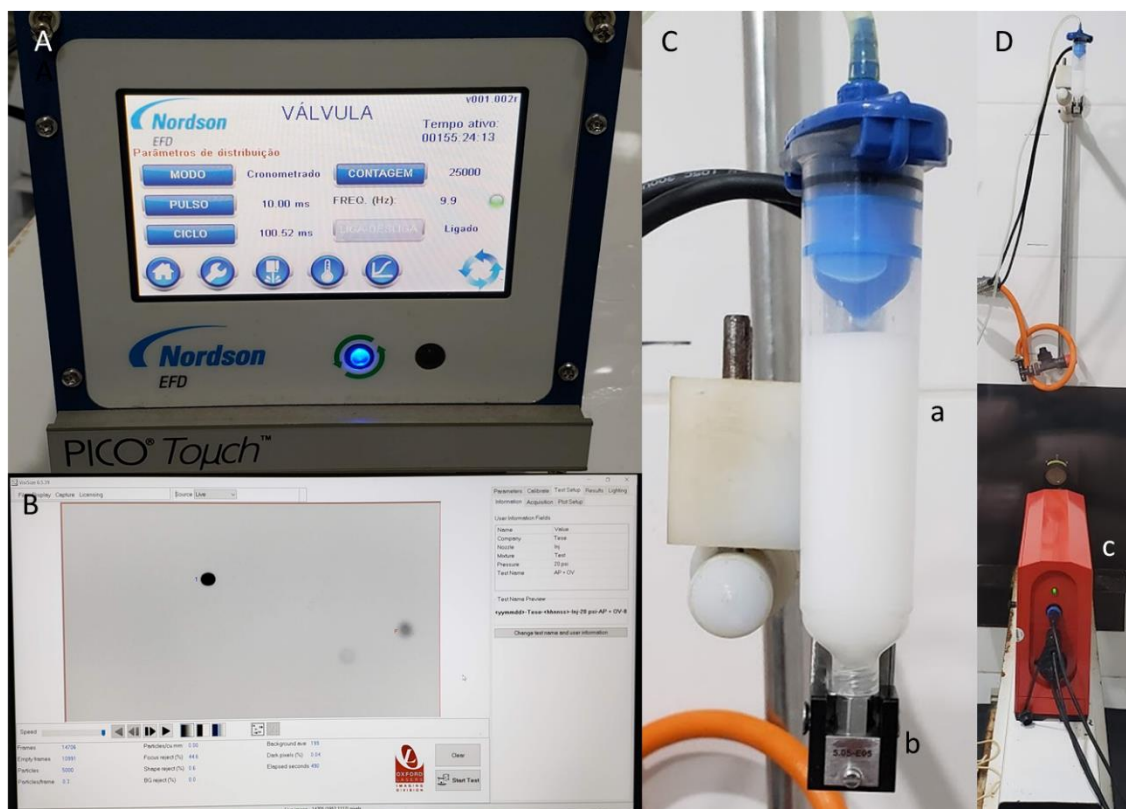
As aplicações ocorreram em uma sala fechada com controle de temperatura e umidade em duas condições ambientais: Condição ambiental apropriada (CA1) – temperatura de $22,3 \pm 0,7$ °C e umidade relativa de $72 \pm 2,1\%$; Condição ambiental inapropriada (CA2) – temperatura de $35,8 \pm 0,8$ °C e umidade relativa de $40 \pm 5,0\%$.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por um termohigrômetro modelo MT-241, do fabricante Minipa, onde o sensor foi instalado próximo a ponta de pulverização. Os valores de temperatura e umidade relativa foram anotadas no início de cada repetição.

O espectro de gotas foi caracterizado utilizando um analisador de partículas por imagens, modelo VisiSize Portable P15 (Oxford Lasers, Imaging Division, Oxford, U.K.). A caracterização foi realizada em tempo real por um software, Visisize Particle Sizing, desenvolvido pelo próprio fabricante do equipamento. O sistema analisou o espectro de gotas usando uma técnica chamada de Particle/Droplet Image Analysis (PDIA) ou Análise de Imagens de Partículas/Gotas (Figura 4.1). Esta metodologia é semelhante à descrita por Guler et al. (2007).

Durante as avaliações, o equipamento foi configurado para mensurar gotas de 21 µm até 5650 µm. Neste método, uma luz de LED foi usada para iluminar a região de interesse do espectro de gotas e uma câmera digital realizou a captura das imagens através das sombras das gotas. As áreas das imagens que ficaram na região de foco da câmera foram analisadas pelo software VisiSize. O software distinguiu e eliminou as imagens das gotas que eventualmente estavam sobrepostas ou em contato (coalescentes) das imagens.

Figura 4.1 - Equipamentos utilizado no experimento e disposição do sistema de captura de dados: Microinjetora (A); Software de análise de imagem (B); Seringa (C); detalhe da disposição do equipamento gerador de gotas e captura de imagens: calda (a); cabeçote gerador de gotas (b); analisador de partícula (c).



O delineamento experimental utilizado foi o fatorial $3 \times 2 \times 2$, sendo três caldas (Glyphosate e Aproach analisadas separadamente), duas alturas de trabalho e duas condições ambientais diferente. O trabalho foi realizado em 4 repetições. Os dados foram verificados quanto a normalidade dos erros e a homogeneidade das variâncias, através dos testes de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e Bartlett ($p > 0,05$), respectivamente. Quando não atendidas as pressuposições anteriores, foram transformados de acordo com a metodologia proposta por Box-Cox (1964). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O software utilizado para as análises estatísticas foi o R (2019).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Caracterização do espectro de gotas e perdas decorrente das aplicações de Glyphosate

O equipamento utilizado para gerar gotas neste experimento foi capaz de expelir as gotas através de pulsos com volume conhecido. Todavia, estas gotículas também sofreram micronização e se subdividiram em gotas de tamanhos diversos, conforme apresentado a seguir.

A calda, a altura e as condições ambientais no momento da aplicação exerceram influência significativa sobre o $Dv_{0,1}$, conforme Tabela 4.2. CUNHA et al. (2010b) relatam que a formação das gotas pode ser significativamente alterada, visto que os produtos alteram as propriedades físicas das caldas, como a tensão superficial e a viscosidade.

Os adjuvantes afetaram a calda de Glyphosate reduzindo o tamanho das gotas no ponto de análise em relação ao produto isolado. Para condição ambiental CA1, as reduções foram em torno de 10% para as duas alturas de aplicação. Já para CA2, houve aumento de 5% para H1 e redução de 11% para H2.

Tabela 4.2 - Diâmetro da gota abaixo de 10% do volume (Dv0,1) de caldas contendo Água, Glyphosate, isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura (H)	Condição ambiental (CA)							
		CA1				CA2			
		Média (µm)	Grupos			Média (µm)	Grupos		
Água	H1	120,125	BC	a	<i>B</i>	166,750	A	a	<i>A</i>
	H2	66,050	AB	b	<i>B</i>	135,350	A	b	<i>A</i>
Gly	H1	130,225	A	a	<i>B</i>	152,900	C	a	<i>A</i>
	H2	72,900	A	b	<i>B</i>	129,550	A	b	<i>A</i>
Gly + OM	H1	112,600	C	a	<i>B</i>	160,925	ABC	a	<i>A</i>
	H2	69,425	AB	b		96,300	C	b	
Gly + OL	H1	119,075	BC	a	<i>B</i>	155,750	BC	a	<i>A</i>
	H2	65,400	AB	b	<i>B</i>	117,925	B	b	<i>A</i>
Gly + OV	H1	122,175	AB	a	<i>B</i>	163,300	AB	a	<i>A</i>
	H2	63,150	B	b	<i>B</i>	130,625	A	b	<i>A</i>

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com Kissmann (1998), os óleos têm a capacidade de reduzir a evaporação da água no trajeto até o alvo, pois as gotículas de água emulsionadas com óleo se evaporam mais lentamente. De acordo com isso, esperava-se que as caldas contendo óleos proporcionassem maior valor de DV0,1, o que não foi observado. Portanto, os adjuvantes testados nas condições deste trabalho influenciaram na formação de gotas de pulverização, porém não foram capazes de reduzir a evaporação de gotas principalmente em condição ambiental adversa.

A altura de pulverização é um fator importante para a caracterização da qualidade e da perda na pulverização. A aplicação a 0,4 m (H1) do ponto de coleta proporcionou um valor médio de Dv0,1 igual a 121,0 µm, ou seja, 69% superior ao valor coletado na altura de 0,2 m (H2), para condição ambiental CA1. Em CA2, este valor é ainda superior, chegando a 76,5%. Pode estar ocorrendo a perda de massa destas gotas de pulverização, mais principalmente a extinção de gotas pequenas, fazendo com que as médias do tamanho de gotas coletadas seja menor, resultado em maior valor de Dv0,1.

Desta forma, a perda de gotas por evaporação é superior a aquela imaginada anteriormente, uma vez que, as análises desta natureza são realizadas a altura de 0,40 m, como nos trabalhos de Cunha et al (2010b) e Chechetto & Antuniassi (2012).

As aplicações em CA2, proporcionaram aumento médio nos valores de $Dv_{0,1}$ em torno de 30% e 69%, em relação a CA1, para a H1 e H2, respectivamente. Normalmente, a evaporação de uma gota é determinada pelo seu tempo de contato com ar e com a superfície em que é depositada (SANTIAGO, 2016). O fato de que a H2 está a 0,4 m faz com que a gota permaneça maior tempo em contato com as condições ambientais, potencializando as perdas por evaporação.

No campo a evaporação pode ser agravada quando a gota se desloca em direção ao solo, em razão da instabilidade atmosférica. A instabilidade vertical da atmosfera pode intensificar as perdas por evaporação. O conhecimento desse fator atmosférico habilita ao aplicador identificar se as gotas pulverizadas são efetivamente depositadas sobre a planta ou permanecem em suspensão no ambiente (TEPPER, 2012).

A evaporação do componente aquoso das gotas pode criar uma situação em que as moléculas químicas do produto aplicado se desassociam das gotas, em detrimento do aumento da concentração em níveis que desfavoreçam a miscibilidade (TEPPER, 2012). O mesmo autor relata ainda que, a liberação da molécula química do produto da parte aquosa da gota pode ocasionar a dispersão de partículas e compostos tóxicos na atmosfera e contribuir para o aumento da poluição, podendo ser deslocados para longas distâncias e chegar a centros urbanos, concluindo que, para se reduzir o potencial de evaporação das gotas, recomenda realizar a aplicação de defensivos em condições de temperatura e umidade que forneçam baixa pressão de vapor do ar (DPV), que geralmente são alcançadas no período noturno e nas primeiras horas do dia.

Ramsey et al. (2005), relatam que as condições ambientais influenciam a atividade de produto fitossanitários foliares no momento da aplicação. Altas temperaturas, antes e depois da aplicação, aumentam a penetração de produto fitossanitários através da cutícula da planta, no entanto, também aumentam a volatilização dos líquidos e podem aumentar a evaporação das gotas a um ponto de cessar a penetração do produto fitossanitário (HULL et al., 1982; REED et al., 1992).

Para DMV, os adjuvantes adicionados à calda de Glyphosate apresentaram comportamento adverso, dependendo das condições de aplicação. Em CA1, os adjuvantes reduziram o DMV em 3,6% e 2,2%, para H1 e H2, respectivamente. Entretanto, para CA2, houve aumento nos valores de DMV em média de 12,6% e 0,9%, para H1 e H2, respectivamente, em relação a calda contendo somente Glyphosate (Tabela 4.3).

Para a condição ambiental, as aplicações em CA2 proporcionaram aumento médio de 4,2% nos valores de DMV, em relação as aplicações em CA1. Destaque para as aplicações em H1, pois estas apresentaram um DMV de 200 μm , 10% inferior as aplicações em H2. Isto pode estar relacionado com o tempo de exposição das gotas às condições ambientais com maior temperatura e menor umidade relativa do ar, o que proporcionou maior evaporação das gotas pequenas. Desta forma, o equipamento realiza a leitura do espectro de gotas com menor quantidade de gotas pequenas, aumentando assim o acúmulo de gotas maiores.

Outro destaque seria o resultado observado para o tratamento com Gly + OL em H2 e CA2. Esta mistura proporcionou o menor valor de DMV para todos os tratamentos. Esta característica pode estar relacionada com a capacidade do produto em reduzir a tensão superficial da calda e assim apresentar maior capacidade de micronização de gotas e menor capacidade de resistência a evaporação no trajeto até o alvo. No entanto, a condição ambiental, relacionado com o pouco deslocamento que gota percorreu, do bico até a área de leitura, não foi suficiente para extinguir as gotas menores a ponto de aumentar significativamente o DMV.

Tabela 4.3 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental							
		CA1				CA2			
		Média (µm)	Grupos			Média (µm)	Grupos		
Água	H1	203,275	A	b	<i>B</i>	234,150	A	a	<i>A</i>
	H2	222,900	A	a	<i>A</i>	212,025	AB	b	<i>B</i>
Gly	H1	206,150	A	b		201,425	B		
	H2	215,075	AB	a	<i>A</i>	203,525	B		<i>B</i>
Gly + OM	H1	200,425	AB	b	<i>B</i>	225,325	A	a	<i>A</i>
	H2	208,875	BC	a	<i>B</i>	215,950	A	b	<i>A</i>
Gly + OL	H1	192,300	B	b	<i>B</i>	227,200	A	a	<i>A</i>
	H2	201,925	C	a	<i>A</i>	183,800	C	b	<i>B</i>
Gly + OV	H1	203,600	A	b	<i>B</i>	227,275	A	a	<i>A</i>
	H2	219,950	A	a		216,250	A	b	

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As aplicações em H2 proporcionaram maior valor de DMV, em relação à aplicação em H1, em CA1, isto ocorre devido à perda de gotas muito fina em decorrência da evaporação, desta forma, gotas maiores que não sofreram perda considerada de massa são capturados pelo leitor de partícula e tem seus valores determinados e maiores que em H1, cuja a gota, devido a maior trajetória, apresenta a perda de gotas pequena e perda de massa das gotas maiores, tendo assim, menor valor de DMV.

Em CA2, foi observado uma inversão nos valores, onde em H1 apresenta os maiores valores de DMV, em relação a H2. Nestas aplicações, a temperatura do ar era de 35,8°C e umidade relativa do ar de 40%, além das condições ideais relatadas do Raetano (2011). Nestas condições ambientais as gotas estão sujeitas a maior perda de massa, podendo extinguir gotas muito finas e reduzir a massa de gotas maiores, isto pode explicar o corrido com as aplicações em H1, cujo os valores de DMV aumentaram significativamente em relação a CA1.

Os adjuvantes também influenciaram nos valores de $Dv_{0,9}$, reduzindo os valores deste parâmetro em relação a calda contendo somente Glyphosate, conforme podemos observar na Tabela 4.4.

As aplicações na maior altura proporcionaram maiores valores de $Dv_{0,9}$, assim com as aplicações em condição ambiental 2, fatos já abordados anteriormente.

Os maior valor de $Dv_{0,9}$ foi observado no tratamento Gly + OL, em CA2 e H2, aumentando o valor deste parâmetros em 40% em relação ao Gly, para a mesma condição operacional e 41% em relação ao Gly + OL em CA2 e H1. O que evidencia o discutido no parâmetro DMV, para os mesmos tratamentos.

Tabela 4.4 - Diâmetro da gota abaixo de 90% do volume (Dv0,9) de caldas contendo Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental							
		CA1			CA2				
		Média (µm)	Grupos			Média (µm)	Grupos		
Água	A1	366,100	A	a	<i>A</i>	341,975	A	a	<i>B</i>
	A2	292,625	A	b		286,825	B	b	
Gly	A1	297,300	B	a	<i>B</i>	322,600	B	a	<i>A</i>
	A2	272,775	B	b		266,600	E	b	
Gly + OM	A1	291,600	C	a	<i>B</i>	310,600	C	a	<i>A</i>
	A2	264,800	D	b		271,750	D	b	
Gly + OL	A1	284,525	E	a	<i>B</i>	310,300	D	b	<i>A</i>
	A2	264,750	E	b	<i>B</i>	373,650	A	a	<i>A</i>
Gly + OV	A1	289,100	D	a	<i>B</i>	308,700	E	a	<i>A</i>
	A2	265,767	C	b	<i>B</i>	274,875	C	b	<i>A</i>

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A porcentagem de gotas menores que 100 µm é considerada a de maior potencial de perda (CUNHA, 2003). Para Arvidsson et al. (2011), a fração volumétrica de gotículas ≤ 100 µm é um melhor preditor do risco de deriva do que o DMV nas condições prevalecentes nas experiências de campo.

As aplicações na menor altura de trabalho proporcionaram os maiores valores absolutos de $\% < 100$ µm, conforme Tabela 4.5. Quando a aplicação ocorreu em condição ambiental adequada a adição de adjuvante a calda de Glyphosate aumentou a $\% < 100$ µm em 250% e 142%, em média, para H1 e H2 respectivamente. Já para a aplicação em condição ambiental inadequada foram encontrados valores em torno de 375% e 211%, para H1 e H2 respectivamente, valores superiores ao encontrados nos tratamentos com Glyphosate isolado. Isto demonstra que os adjuvantes são capazes de modificar a propriedades físicas da calda e aumentar a capacidade de micronização das gotas.

Cunha et al. (2010) afirmam não haver um valor-padrão indicativo para uma aplicação segura. Porém, Cunha et al. (2003) afirmam que, em geral, valores inferiores a 15% do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm são mais

adequados a uma aplicação segura. Neste trabalho foram encontrados valores próximos de 32% para as aplicações a 20 cm em condição ambientais adequadas. Todavia, vale ressaltar que, a aplicação em condição ambiental inadequada, os valores de %<100 μ m foi em média, 6%, consideradas seguras de acordo com o autor citado acima, entretanto, houve 81,25% de perda de gotas ou de massa de gotas, podendo ocasionar riscos de contaminação ao ambiente.

Tabela 4.5 - Porcentagem de gotas menores que 100 μ m (%<100) de caldas contendo Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental						
		CA1			CA2			
		Média (μ m)	Grupos		Média (μ m)	Grupos		
Água	A1	3,293	BC	b	A	0,0725	b	B
	A2	34,880	A	a	A	1,6250	D	a
Gly	A1	1,7177	C	b	A	0,1150	b	B
	A2	24,170	B	a	A	3,2350	CD	a
Gly + OM	A1	6,0175	A	b	A	0,4900	b	B
	A2	30,1175	AB	a	A	9,7475	A	a
Gly + OL	A1	3,1650	BC	b	A	0,5375	b	B
	A2	35,270	A	a	A	4,0700	BC	a
Gly + OV	A1	3,693	AB	b	A	0,2200	b	B
	A2	37,845	A	a	A	6,6625	AB	a

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A calda contendo Gly + OL proporcionou o maior valor de %<100 μ m, 35,3%, em H2 e CA1, juntamente com Gly + OV, porém, em condição ambiental inadequada (CA2) proporcionou 4,07% de %<100 μ m, valor 8,6 vezes menor que em condição ambiental adequada. Entretanto, esta relação é a mais alta entre os adjuvantes, que apresentaram 3,0 e 5,7, para caldas contendo OM e OV, respectivamente, ou seja, geram muita gota fina e perde na mesma proporção, quando em ambiente de baixa umidade e alta temperatura. Isto ajudaria a explicar os resultados obtidos em Dv0,1, DMV e Dv0,9.

Kissmann (1998), que relata a ação dos óleos emulsionáveis na redução da evaporação de gotas durante o trajeto até o alvo, corroborando com o resultado encontrado em CA2 e H2. Todavia, os valores encontrados para a mesma condição ambiental e altura de aplicação de 0,4m (CA1) não seguiram esta tendência, uma vez que, houve redução nos valores de %<100 μ m em 16,8 vezes, para Gly + OV, valor 12% superior a calda somente com Glyphosate.

O parâmetro %<100 μ m influencia o Dv0,1. Assim, ao se constatar uma grande redução no parâmetro %<100 μ m ocorre, inevitavelmente, aumento do Dv0,1.

Este fato é observado nos dados apresentados nas Tabela 4.1 e Tabela 4.5 e, uma vez que houve diminuição da quantidade de gotas muito finas pela ação da condição ambiental e também pela altura de aplicação. Deste modo, verifica-se que quanto menor for o $Dv_{0,1}$ obtido de uma aplicação, maior será a produção de gotas finas por esta.

A Amplitude Relativa tem a finalidade de mostrar a qualidade da pulverização do espectro. Assim, quanto menor o valor deste parâmetro, mais homogêneas são as gotas (SASAKI et al., 2013). Na Tabela 5 podemos observar que as aplicações em menor altura ou condição ambiental desfavorável apresentaram os menores valores de AR. Resultados semelhantes foram encontrados por Alvarenga et al. (2014), onde concluíram que a AR é afetada pela alteração na condição ambiental no momento da aplicação. Entretanto, a diminuição do valor de AR (Tabela 4.6) observado nesta análise, não significa produção de um espectro de gotas mais homogêneo na aplicação em condição ambiental 2 (desfavorável). Este resultado confirma mais uma vez que há eliminação das gotas mais finas por evaporação e, portanto, o espectro passa a ser formado por uma faixa mais estreita de diâmetro de gotas.

Tabela 4.6 - Amplitude Relativa (AR) das aplicações contendo caldas de Água, Glyphosate isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental							
		CA1			CA2				
		Média (µm)	Grupos			Média (µm)	Grupos		
Água	A1	0,988	A	b	A	0,749	AB	B	
	A2	1,143	A	a	A	0,714	BC	B	
Gly	A1	0,821	B	b		0,837	A	a	
	A2	0,929	B	a	A	0,673	C	b	B
Gly + OM	A1	0,893	AB	A		0,664	B	b	B
	A2	0,936	B	A		0,767	B	a	B
Gly + OL	A1	0,861	AB	b	A	0,681	BC	b	B
	A2	0,989	AB	a	B	1,352	A	a	A
Gly + OV	A1	0,820	B	b	A	0,640	B	B	
	A2	0,975	B	a	A	0,667	C	B	

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.5.2 Caracterização do espectro de gotas e perdas decorrentes das aplicações de Approach Prima

Para as aplicações contendo fungicida foi possível observar que a calda com Approach Prima isolado apresentou o maior valor de $Dv_{0,1}$ (Tabela 4.7), em relação as demais caldas, em CA1 e H1. Isto demonstra que a adição de adjuvantes proporcionou alterações significativas nas composições físicas das caldas, refletindo em mudança nos valores do parâmetro estudado, conforme destacado por Cunha et al. (2010).

Tabela 4.7 - Diâmetro da gota abaixo de 10% do volume (Dv0,1) de caldas contendo Água, Aproach Prima (AP) isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental							
		CA1				CA2			
		Média (µm)	Grupos			Média (µm)	Grupos		
Água	H1	120,125	B	a	<i>B</i>	166,75	A	a	<i>A</i>
	H2	66,05	B	b	<i>B</i>	135,35	B	b	<i>A</i>
AP	H1	131,8	A	a	<i>B</i>	145,00	C	a	<i>A</i>
	H2	71,325	AB	b	<i>B</i>	119,00	CD	b	<i>A</i>
AP + OM	H1	124,425	AB	a	<i>B</i>	154,5	BC		<i>A</i>
	H2	71,225	AB	b	<i>B</i>	150,85	A		<i>A</i>
AP + OL	H1	128,125	AB	a	<i>B</i>	156,9	B	a	<i>A</i>
	H2	78,575	A	b	<i>B</i>	124,775	C	b	<i>A</i>
AP + OV	H1	129,925	A	a	<i>B</i>	147,425	BC	a	<i>A</i>
	H2	72,525	AB	b	<i>B</i>	111,825	D	b	<i>A</i>

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Isso também pode ser observado no parâmetro em questão, em condições favoráveis à aplicação de produto fitossanitários, onde observa-se aumento em torno de 170% no valor de Dv0,1, em H1, em relação a H2. Esta perda está associada à evaporação das gotas devido a exposição das gotas as condições atmosféricas até o alvo. Isto ocorre porque somente na condição com déficit de pressão de vapor (DPV) igual a 0 hPa não ocorrerá evaporação (MACIEL, 2013), uma vez que o ambiente estará totalmente saturado por vapor d'água.

Apesar de ter mostrado pequena influência sobre o espectro observado neste trabalho (Tabela 4.8), a aplicação em condição ambiental desfavorável reduz o diâmetro médio das gotas (DMV) e, conseqüentemente, eleva a perda na pulverização (ARVIDSSON et al., 2011; CARLSEN et al., 2006; HOLTERMAN, 2003; NUYTENS et al., 2006).

Tabela 4.8 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) de caldas contendo Água, Approach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental							
		CA1			CA2				
		Média (µm)	Grupos		Média (µm)	Grupos			
Água	A1	203,275	B	<i>B</i>	234,150	A	a	<i>A</i>	
	A2	200,575	C	<i>B</i>	212,025	AB	b	<i>A</i>	
AP	A1	217,350	A	<i>A</i>	196,500	C	b	<i>B</i>	
	A2	216,800	B		209,125	B	a		
AP + OM	A1	211,800	AB	b	214,050	B			
	A2	221,875	AB	a	223,675	A			
AP + OL	A1	211,775	AB	b	<i>A</i>	201,150	BC	b	<i>B</i>
	A2	230,750	A	a	<i>A</i>	214,575	AB	a	<i>B</i>
AP + OV	A1	200,100	B	b		204,025	BC		
	A2	228,700	AB	a	<i>A</i>	211,800	AB		<i>B</i>

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As gotas do parâmetro $Dv_{0,9}$ diminuíram com a aplicação em CA2 (Tabela 4.9), somente para o fungicida associado aos adjuvantes. A constatação da influência da condição ambiental somente sobre as gotas mais grossas do espectro pode ter alguns motivos, e um destes pode estar associado a um fenômeno observado por Maciel et al. (2016) e Sasaki et al. (2016). Estes autores mostraram que com o aumento da temperatura e diminuição umidade relativa eleva-se o volume de gotas evaporadas, o qual acarretaria menor valor para o parâmetro.

Tabela 4.9 - Diâmetro da gota abaixo de 90% do volume (Dv0,9) de caldas contendo Água, Approach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental					
		CA1			CA2		
		Média (µm)	Grupos		Média (µm)	Grupos	
Água	A1	374,050	C	a	341,975	D	a
	A2	292,625		b	286,825		B
AP	A1	317,125	E	a B	395,225	E	a A
	A2	271,925		b	270,850		B
AP + OM	A1	387,100	B	a A	296,025	B	B
	A2	282,425		b	282,350		
AP + OL	A1	332,300	D	a A	281,375	A	B
	A2	281,775		b	276,825		
AP + OV	A1	402,200	A	a A	300,400	C	B
	A2	279,500		b	291,625		

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A redução do parâmetro $\%V < 100$ ocorreu devido a evaporação das gotas menores, provocado pelo maior deslocamento da gota (altura de aplicação) e condição ambiental desfavorável. Esse comportamento foi bastante significativo, o qual resultou, na variável altura, em queda de aproximados 90%, para H2 em relação a H1, em ambas condições ambientais (Tabela 4.10). Para a variável condição ambiental, as aplicações em condição ambiental desfavorável reduziram os valores deste parâmetro em 94% e 80%, para H1 e H2, respectivamente.

Com este comportamento observado, evidencia-se que a aplicação em condições ambientais inapropriadas eleva as perdas por evaporação a valores superiores a 80%. Carlsen et al. (2006a), calcularam perdas que oscilaram de 0 a 25% do total pulverizado, cuja variação foi explicada pela alteração na pressão de vapor do produto químico aplicado. Esta variável não foi avaliada neste trabalho, porém poderia ser uma hipótese para explicar os resultados encontrados.

Tabela 4.10 - Porcentagem de gotas menores que 100 μm ($\% < 100$) de caldas contendo Água, Approach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental							
		CA1				CA2			
		Média (μm)	Grupos			Média (μm)	Grupos		
Água	A1	3,2925	AB	b	<i>A</i>	0,0725	C	b	<i>B</i>
	A2	41,52667		a	<i>A</i>	1,6250	C	a	<i>B</i>
AP	A1	2,7300	AB	b	<i>A</i>	0,1450	B	b	<i>B</i>
	A2	28,42250		a	<i>A</i>	5,0500	B	a	<i>B</i>
AP + OM	A1	3,6075	A	b	<i>A</i>	0,3500	A	b	<i>B</i>
	A2	27,467		a	<i>A</i>	6,0250	AB	a	<i>B</i>
AP + OL	A1	2,8900	AB	b	<i>A</i>	0,1650	B	b	<i>B</i>
	A2	22,17500		a	<i>A</i>	7,6075	AB	a	<i>B</i>
AP + OV	A1	2,1075	B	b	<i>A</i>	0,3000	A	b	<i>B</i>
	A2	26,40250		a	<i>A</i>	8,8050	A	a	<i>B</i>

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálica na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Para a Amplitude Relativa, a condição ambiental teve papel relevante nos valores obtidos (Tabela 4.11), assim como a altura de aplicação para alguns tratamentos. Como já foi discutido anteriormente, a Amplitude Relativa tem a finalidade de mostrar a qualidade da pulverização do espectro. Desta forma, quanto menor o valor deste parâmetro, mais homogêneas são as gotas (SASAKI et al., 2013). Para Alvarenga et al. (2014), a AR é afetada pela alteração na condição ambiental no momento da aplicação.

A diminuição dos valores de AR evidencia que há eliminação de gotas mais finas por evaporação, portanto, ocorre uma perda direta de ingrediente ativo, fato que pode ser observado no campo, com baixa eficiência no controle do agente de dano. Desta forma, é essencial buscar horários de aplicação com condições meteorológicas mais adequadas para reduzir ao máximo as perdas durante o percurso das gotas da ponta até o alvo.

Tabela 4.11 - Amplitude Relativa (AR) das aplicações contendo caldas de Água, Approach Prima isolado ou associado a adjuvantes, aplicados em diferentes alturas e condições ambientais.

Calda	Altura	Condição ambiental							
		CA1				CA2			
		Média (µm)	Grupos			Média	Grupos		
Água	A1	0,988	AB	b	A	0,749	B	<i>B</i>	
	A2	1,143	A	a	A	0,714	B	<i>B</i>	
AP	A1	0,853	C	<i>B</i>		1,274	A	a	<i>A</i>
	A2	0,925	B	<i>A</i>		0,726	B	b	<i>B</i>
AP + OM	A1	1,240	A	a	<i>A</i>	0,661	C	a	<i>B</i>
	A2	0,953	B	b	<i>A</i>	0,588	C	b	<i>B</i>
AP + OL	A1	0,964	B	<i>A</i>		0,619	C	b	<i>B</i>
	A2	0,881	B	<i>A</i>		0,709	B	a	<i>B</i>
AP + OV	A1	1,363	A	a	<i>A</i>	0,750	B	b	<i>B</i>
	A2	0,905	B	b		0,850	A	a	

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna 1 (Fator Calda), minúsculas na coluna 2 (Fator Altura) e maiúscula itálico na linha (Fator Condição Ambiental), diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.6 CONCLUSÕES

A composição da calda afeta o espectro de gotas formadas e o uso de adjuvantes não elimina sua evaporação.

Os adjuvantes afetaram a característica física da calda, aumentando a quantidade de gotas menores de 100µm, todavia não reduziram a sua perda por evaporação.

A altura de aplicação afeta a perda por evaporação das gotas, sobretudo na porção menor de 100 µm.

A aplicação em condição adequada reduz o processo evaporativo, porém não elimina a evaporação das gotas e a condição ambiental inadequada eleva a perda por evaporação das gotas na pulverização.

Aplicação em menor altura da barra de pulverização é mais adequado, pois reduz a exposição das gotas ao ambiente e reduz o processo de perdas por evaporação.

5. CONCLUSÃO GERAL

A composição da calda, modelo de ponta de pulverização e temperatura e umidade relativa influenciam nos valores de DMV, porcentagem de gota menores que 100 μm e Amplitude Relativa.

A pontas de pulverização modelo AVI é mais sensível a mudança da composição da calda.

Gotas geradas por pontas de pulverização modelo AXI apresentam maior homogeneidade.

Os adjuvantes a base de óleo mineral, óleo vegetal e óleo de laranja alteraram o espectro de gotas e aumentaram a porcentagem de gotas maiores que 100 μm , entretanto, não reduziram a perda por evaporação.

Condição ambiental inadequada à aplicação acelera o processo de evaporação, causando prejuízos direto pela perda do ingrediente ativo e perdas indiretas, uma vez que menos ingrediente ativo chegará no alvo.

A leitura de gotas decorrentes da pulverização em equipamento analisador de partícula pode ter a perda decorrente da evaporação subestimada quanto maior for a distância entre a ponta de pulverização e a área de coleta de dados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, O. J. G. Avaliação da cobertura e depósitos de produto fitossanitários em videiras com o uso de diferentes técnicas de aplicação e condições operacionais. Tese de doutorado, 87f. Faculdade de Ciências Agrônomicas do Campus de Botucatu (UNESP), Botucatu-SP, 2000.

ABI SAAB, O. J. G. Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizada em videiras no município de Londrina-PR. Dissertação de mestrado, 81f. Faculdade de Ciências Agrônomicas do Campus de Botucatu (UNESP), Botucatu-SP, 1996.

ABI SAAB, O. J. G. et al. Deposição da calda de pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTO FITOSSANITÁRIOS, 5., 2011, Cuiabá. 1 CD-ROM.

ALVARENGA, C. B. DE, TEIXEIRA, M. M., ZOLNIER, S., CECON, P. R., SIQUEIRA, D. L. DE, RODRIGUÊS, D. E., SASAKI, R. S., RINALDI, P. C. N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. *Bioscience Journal*, 30(1). 2014.

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, 2010.

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; SASAKI, R. S.; RODRIGUES, D. E. Déficit de pressão de vapor d'água no ar na distribuição de líquido utilizando um pulverizador hidropneumático. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 56, n. 2, p. 81-87, 2013.

ALVES, K. A. Desempenho de caldas contendo glyohosate, 2,4-D e adjuvantes. 2016.109f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Designation: E1519 – 10: standard terminology relating to agricultural tank mix adjuvants. West Conshohocken, 1995.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. ASABE. ASAE S572.2, St. Joseph, MI 49085, USA. 2018.

ANDEF. Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Campinas: Linea Criativa, 2004. 52 p.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. In: TOMQUELSKI, G. V. et al. (Eds.). Publicações Fundação Chapadão: Soja e Milho 2011/2012. 5 ed. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão. cap. 16, p. 2012. 113-139.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: Vargas, L.; Roman, E. S. (Org.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. v.1, p.145-184.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 173-212.

ARAÚJO, D.; RAETANO, C. G. Adjuvantes de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Passo Fundo: Aldeia Norte; Fepaf, 2011. p. 27-50.

ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. Pest Management Science, Chichester, West Sussex, Reino Unido, v. 67, p. 586-598, 2011.

AZEVEDO, L. A. S. Fungicidas sistêmicos – teoria e pratica. 1.ed. Campinas: EMOPI, 2007. 283p.

BAESSO, M. M. et al. Tecnologias de aplicação de produto fitossanitários. Revista Ceres, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 780-785, nov./dez. 2014.

BAINES, D. W.; JAMES, D. F. Evaporation of a Droplet on a Surface. *Industrial & Engineering. Chemistry Research*, Washington, n. 33, p.411-416, 1994.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; FONSECA, I. C. B. S.; GONZAGA, C.; SASAKI, E. H. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o uso do software conta-gotas. *Ciência Rural*, v. 35, n.4, p.916-919 2005.

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

BAUER, F.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. *Planta Daninha*, 22 (2): 275-284. 2004.

BAUR, P.; MARZOUK, H.; SCHÖNHERR, J.; GRAYSON, B. T. Partition coefficients of active ingredients between plant cuticle and adjuvants as related to rates of foliar uptake. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, n. 45, p.3659-3665, 1997.

BERG, F.; KUBIAK, R.; BENJEY, W. G.; MAJEWSKI, M. S.; YATES, S. R.; REEVES, G. L.; SMELT, J. H.; LINDEN, A. M. A. Emission of pesticides into the air. *Water, Air and Soil Pollution*, New York, v. 115, p. 195, 218, 1999.

BOLLER, W.; FORCELINI, C.A.; HOFFMANN, L.L. Tecnologia de aplicação de fungicidas - parte I. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, Passo Fundo, v.15, p.243-276, 2007.

BRANDÃO, A. M. Manejo da cercosporiose (*Cercospora zae-maydis* Tehon & Daniels) e da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* Schw.) pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação. *Dissertação de Mestrado*. Uberlândia - MG. Universidade Federal de Uberlândia. 2002.

CARLSEN, S. C. K.; SPLIID, N. H.; SVENSMARK, B. Drift of 10 herbicides after tractor spray application. 2. Primary drift (droplet drift). *Chemosphere*, Philadelphia, v. 64, p. 778-786, 2006.

CARRERO, J.M. Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 256p.

CARVALHO, W. P. A. Estudo Comparativo entre Métodos de Amostragem de Gotas para Determinação de Faixa de Deposição nas Aplicações de Produtos Líquidos. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” (UNESP). Botucatu, 2005.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; BLUM, M. M. C.; BOGO, A.; SCHEER, O.; ZANATA, T. Danos causados pela infecção de *Gibberella zeae* em trigo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, v.29, n.3, p.289- 293, 2004.

CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; CASTRO, V.L.S.; FERRACINI, V.L.; GALVÃO, J.A.H. Comparação de pulverizadores para tratamento da cultura do tomate estaqueado: avaliação da deposição e contaminação de aplicadores. *Pesticidas: R. Ecotoxicol. Meio Ambiente*, Curitiba, v.9, p.65-74, 1999b.

CHAIM, A.; VALARINI, P.J.; OLIVEIRA, D.A.; MORSOLETO, R.V.; PIO, L.C. Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate. *Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*, 29 p. (Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa, 2). 1999a

CHAIM, A.; VALARINI, P.J.; PIO, L.C. Avaliação de perdas na pulverização de produto fitossanitários na cultura do feijão. *Pesticidas: R. Ecotoxicol. Meio Ambiente*, Curitiba, v.10, p.13-22, 2000.

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

CHOW, P. N.; GRANT, C. A. Research and development of agro-adjuvants: a bibliographic survey. In: FOY, C. L. *Adjuvants for agrochemicals*. Boca Raton: CRC Press, 1992. chap. 1, p. 3-16.

CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: revisão. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 483-489, 2013.

CORRÊA, H. G. Redução da evaporação de gotículas contendo herbicida, com emprego de oxietileno docosanol. *Bragantia*, Campinas, v. 44, p. 159-171, 1985.

COSTA, A. G. F., VELINI, E. D., ROSSI, C. S. R., CORRÊA, M. R., NEGRISOLI, E., FIORINI, M. V., CORDEIRO, J. G. F., SILVA, J. R. M. Efeito de pontas e pressões de pulverização na deriva de Glyphosate + 2,4-D em condições de campo. *Revista Brasileira de Herbicidas*, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 62-70, abr. 2012.

COSTA, D. I. Eficiência e Qualidade das Aplicações de Fungicidas, por Vias Terrestre e Aérea, no Controle de Doenças Foliares e no Rendimento de Grãos de Soja e Milho. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2009.

CRUZ, I. Manejo de pragas. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A.; MAGALHÃES, P. C. (Ed). *A cultura do milho*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2008. p. 303- 362.

CU, R. M.; PHIPPS, P. M.; STIPES, R. J. Adjuvant effects of soyoil 937 □ on fungicides for control of early leafspot and sclerotinia blight in peanuts. In: FOY, C. L. *Adjuvants for agrichemicals*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1992. p. 657-666.

CUNHA, J. P. A. R., SILVA, L. L., BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. *Revista Ciência Agronômica* [en línea] 2010c.

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

CUNHA, J. P. A. R.; LASMAR, O.; RAMOS, A. M. P.; ALVES, G. S. Evaporation time of droplets containing thiamethoxam and adjuvants sprayed on sugarcane leaves. *Pesqui. Agropecu. Trop.*, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 1-8, mar. 2016.

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

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

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2005, vol.9, n.1, pp.133-138

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*, v.28, n.3, p.665-672, 2010b.

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

CURRIER, H. B.; DYBING, C. D. Foliar penetration of herbicides: review and present status. *Weeds*, Champaign, v. 7, n. 2, p. 195-213, 1959.

DURIGAN, J. C. Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 42p.

ENZ, J. W.; HOFMAN, V.; THOSTENSON, A. Air temperature inversions: causes, characteristics and potential effects on pesticide spray drift. Fargo, 2004. Disponível em: <<https://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/pests/ae1705.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2019.

FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U. R. Ar na aplicação. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, v. 4, n. 26, p. 12-15, dez. 2003/jan. 2004.

FERNÁNDEZ, V.; EICHERT, T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Boca Raton, v. 28, n. 1-2, p. 36-68, 2009.

FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. P. Tecnologia de aplicação de herbicidas. In: SILVA, A. A. da; SILVA, J. F. da. (Eds.). *Tópicos em manejo de*

plantas daninhas. Viçosa: Editora UFV, 2009. p. 325-367.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 2, 2007.

FERREIRA, M. C.; MACHADO NETO, J. G.; MATUO, T. Redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas em pós-emergência na cultura da soja. Planta Daninha, Viçosa, v.16, n.1, p.25-36, 1998.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta do cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 41, n. 12, p. 1693-1698, 2006.

FOX, R. D.; SALYANI, M.; COOPER, J. A.; BRAZEE, R. D. Spot Size Comparisons on Oil- and Water-Sensitive Paper. ASAE, v.17, n.2, p. 131-136, 2001.

FRASER, R.P. The fluid kinetics of application of pesticidal chemicals. In: METCALF, R.L. Advances in pest control research. New York: Interscience, 1958. v.2, p.1-106.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 919.

GOULART, A. C. P. Perdas em trigo causadas pelo brusone. In: Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas, 1, 2005, Viçosa, MG. Quantificação de perdas no manejo de doenças de plantas: anais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 123-130.

GREEN, J. M. Adjuvants outlook for pesticides. Pesticide Outlook, Cambridge, p. 196-199. out. 2000.

GRISSE, R. B. et al. Nozzles: Selection and Sizing. Blacksburg, 2013. Disponível em: <http://pubs.ext.vt.edu/442/442-032/442-032_pdf.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2016.

GULER, H.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; DERKSEN, R.C.; YU, Y.; KRAUSE, C.R. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-flan nozzles. Transaction of the 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.

HESS, F. D. Adjuvants. In: *HERBICIDE ACTION COURSE*, 1997, West Lafayette. *Proceedings...* West Lafayette: Purdue University, 1997. p. 38-61.

HOLTERMAN, H. J. Kinetics and evaporation of water drops in air. Wageningen: IMAG, 2003. 67 p.

HULL, H. M.; DAVIS, D. G.; STOLZENBERG, G. E. Action of adjuvants on plant surfaces. In: *Adjuvants for herbicides*. Champaign: WSSA, 1982. Cap. 3, p. 26-67.

HUNSCHE, M.; NOGA, G. Effect of relative humidity and substrate on the spatial association between Glyphosate and ethoxylated seed oil adjuvants in dried deposits of sessile droplets. *Pest Management Science*, v. 68, n. 2. P. 231–239, 2011.

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

MACIEL, C. F. S. Perda de agrotóxicos por evaporação em função das condições psicrométricas do ar. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R. Droplets spectrum at different vapour pressure deficits. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 47, n. 1, p 41-46, 2016.

MADALOSSO, M. G. Espaçamento entre linhas e pontas de pulverização no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow. 2007. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MARTIN, M. L. S.; SORIANO, A. P.; PIEDRA, A. P. Aplicacion de productos fitossanitários. In: PIEDRA, A. P. Maquinaria para cultivo. Agricola Espanola, Madrid, 2000, 141p.

MATTHEWS, G. A. Application of pesticides to crops. London: Imperial College Press, 2000. 325 p.

MATTHEWS, G. A. Pesticides Application Methods. 2nd. ed. England: Longman Scientific & Technical, 1992. p. 405.

MATTHEWS, G.H. Pesticides application methods. London: Longman, 1979. 336p.

MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Proteção de Plantas - Tecnologia de aplicação dos agroquímicos e equipamentos. Viçosa, 2010.

MCMULLAN, P. M. Utility Adjuvants. Weed Technology, Champaign, v. 14, p. 792-797, Out - Dez 2000.

MCWHORTER, C. G. The use of adjuvants. In: Adjuvants for herbicides. Champaign: WSSA, 1982. Cap. 2, p. 10-25.

MENDONÇA, C. G. de; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. de. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, p. 16-23, 2007. Número especial.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. Crop Prot., 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).

MOTA, A. A. B. Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. *J. Agric. Eng. Res.*, v. 75, p. 127-137, 2000.

NASCIMENTO, A. B. Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2011.

NASCIMENTO, A. B.; OLIVEIRA, G. M.; BALAN, M. G; HIGASHIBARA, L. R.; ABI SAAB, O. J. G. Deposição de Glyphosate e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 5, n. 2, p. 105-110, 2012.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S.; PAVANI, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. *Planta daninha*, 25(1), 43-50, 2007.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M.; STEURBAUT, W.; BAETENS, K.; VERBOVEN, P.; NICOLAÏ, B.; RAMON, H.; SONCK, B. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part I: Meteorological conditions. *Aspects of Applied Biology*, Warwick, v. 77, p. 1-8, 2006.

OLIVEIRA, G. M. Revisão sistemática e metanálise de resultados em tecnologia de aplicação. 2015. 112 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, M. A. Características dos adjuvantes que influenciam na deriva de pulverizações agrícolas. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 109-116, Feb. 2015.

OZKAN, H.E. Herbicide formulations, adjuvants, and spray drift management. In: SMITH, A.E. *Handbook of weed management systems*. New York: Marcel Dekker, 1994. p.217-244.

- PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agricola*, Piracicaba-SP, v.62, n.5, p.440-445, 2005.
- PAULSRUD, B. E.; MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. Champaign: University of Illinois at Urbana, 2005. 18 p. (Report on plant disease, 1002).
- PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.
- PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Programa Computacional para Estimativa de Uniformidade de Gotas de Herbicidas Aplicados por Pulverização Aérea. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.34, n.1, p. 45-56, jan. 1999
- PROKOP, M.; KEJKLÍČEK, R. Effect of adjuvants on spray droplet size of water. *Res. Agric. Eng.*, v. 48, n. 4, p. 144-148, 2002.
- QUIRINO, A. L. D. S., TEIXEIRA, M., FERNANDES, H.; FERREIRA, L. Parâmetros da pulverização de defensivos agrícolas visando a redução da contaminação ambiental e do aplicador. *Agrarian*, 6(20), 161-166, 2013.
- RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. cap. 1, p. 15-26.
- RAMOS, H. H. No lugar certo. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, v. 1, n. 6, p. 16-19, nov./dez. 2001.
- RAMSEY, R. J. L.; STEPHENSON, G. R.; HALL, J. C. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, v. 82, p. 162-175, 2005.

REED, J. P.; HALL, F. R.; RICK, S. K. Influence of temperature and relative humidity on the performance of thifensulfuron with various surfactants. In: FOY, C. L. Adjuvants for agrichemicals. Boca Raton: CRC Press, 1992. Cap. 24, p. 255-272.

RODRIGUES, E. B.; ABI SAAB, O. J. G.; GANDOLFO, M. A. Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida Glyphosate. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 1, p. 90-95, 2011.

RÜDEL, H. Volatilisation of pesticides from soil and plant surfaces. Chemosphere, Philadelphia, v. 35, p. 143-152, 1997.

RUEDELL, J. Tecnologia de aplicação de defensivos. Plantio Direto, Brasília, v.19, n.6, p.9-11, 2002.

SALYANI, M.; FOX, R. D. Evaluation of Spray Quality By Oil- and Water-Sensitive Papers. ASAE 1999, Vol. 42(1): 41-43

SALYANI, M.; FOX, R. D. Performance of Image Analysis for Assesment of Simulated Spray Droplet Distribution. St. Joseph: ASAE, 1994. p. 1083-1089

SANTIAGO, H. Simulação de perdas por evaporação na pulverização aérea. Tese Doutorado em Engenharia Agrícola, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 2016

SANTOS, R. de O. Níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea utilizando adjuvantes. 2007. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B. Droplets spectrum of air-assisted boom sprayers under different environmental and operational conditions. Agriambi, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 92-96, 2016.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M. G.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C. (Eds.) Principais doenças fúngicas do feijoeiro. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

SIMÕES, R., TEIXEIRA, M., FARONI, L. Determinação da uniformidade de distribuição de agroquímicos em grãos de trigo utilizando a técnica da espectrofotometria do uv/visível. *Bioscience Journal*, América do Norte, 25, ago. 2009.

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, p.92-100. 2011.

SKUTERUD, R. et al. Effect of herbicides applied at different times of the day. *Crop Protection*, Lincoln, v. 17, n. 1, p. 41-46, 1998.

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 Agronômica*, v. 43, n. 1, p. 78-85, jan-mar, 2012.

SOUZA, P. P. Evolução da cercosporiose e da mancha branca do milho e quantificação de perdas, em diferentes genótipos com controle químico. Dissertação de Mestrado. Uberlândia MG. Universidade Federal de Uberlândia. 2005.

STICKLE, W. E. The importance of adjuvants to the agricultural chemical industry. In: FOY, C. L. *Adjuvants for agrochemicals*. Boca Raton: CRC Press, 1992. chap. 22, p. 247-250.

SUMNER, P. E. Reducing spray drift. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005)

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. Comparison of new drift reduction nozzles. St. Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (ASAE Paper n.99-1156).

TEIXEIRA, E S.; OSIPE, J. B.; GANDOLFO, U. D.; OLIVEIRA, J. F.; GANDOLFO, M. A.; OSIPE, R. Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1229-1234, 2010.

TEPPER, G. Weather essentials for pesticide application, Grains Research and Development Corporation, 28 de maio 2012, Disponível: <https://grdc.com.au/Resources/Bookshop/2015>. Acessado em 16 fevereiro de 2020.

TOBI, I.; SAGLAM, R.; KUP, F.; SAHIM, H.; BOZDAGAN, A. M.; PISKIN, B.; SAGLAM, C. Determination of accuracy level of agricultural spraying application in Sanliurfa/Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 28, p. 6064-6072, 2011.

TU, M.; RANDALL, J. M. Adjuvants. In: TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J. M. *Weed control methods handbook: tools & techniques for use in natural areas*. Davis: TNC, 2001. chap. 8, p. 8.1 - 8.25.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 56). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do56.htm>. acesso em: 15 jun

VESALA, T.; KUKKONEN, J. A Model for binary droplet evaporation and condensation, and its application for ammonia droplets in humid air. *Atmospheric Environment*, Oxford, 26A, n. 9, p. 1573-1581, 1992.

VIANA, R. G., FERREIRA, L. R., FERREIRA, M. C., TEIXEIRA, M. M., ROSELL POLO, J. R., TUFFI SANTOS, L. D., & MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. *Planta Daninha*, vol. 28, núm. 2, p. 439-446. 2010.

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

VILELA, C.M. Evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície. Botucatu, 2012. 73f. Dissertação (mestrado em agronomia). FCA/UNESP.

WOLF, R. E. *Strategies to reduce spray drift*. Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p. (Application Technology Series)

WOMAC, A. R.; MAYNARD, R. A.; KIRK, I. W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. *Trans. ASAE*, v. 42, n. 3, p. 609-616, 1999.

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

YATES, W. E.; AKESSON, N. B. Fluorescent tracers for quantitative micro residue analyses. *ASAE*, v. 6, p. 105-114, 1963.

YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. Ferrugem “Asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Londrina PR. Embrapa Soja, Documentos 247. 2004.

YU, Y., ZHU, H., FRANTZ, J. M., REDING, M. E., CHAN, K. C., & OZKAN, H. E. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. *Biosystems Engineering*, 104, 324–334, 2009a.

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

ZHU, H.; DORNER, J. W.; ROWLAND, D. L.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering*, v. 87, n. 03, p. 275-283, 2004.

ZHU, H.; REICHARD, D. L.; FOX, R.D.; BRAZEE, R.D.; OZKAN, H. E. Simulation of Drift of Discrete Sizes of Water Droplets from Field Sprayers. *Transactions of the ASAE*. 37. 10.13031/2013.28220. 1994.

ZHU, H.; YU, Y.; OZKAN, H. E.; DERKSEN, R. C.; KRAUSE, C. R. Influences of Spray Additives on Droplet Evaporation and Residual Patterns on Wax and Wax-free Surfaces. 2008.