

2015-11-26

Espalhamento e tempo de evaporação de gotas pulverizadas em folhas de tomateiro sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar

Campli, Carolina Marques de

Universidade Estadual do Norte do Paraná

CAMPLI, Carolina Marques de. Espalhamento e tempo de evaporação de gotas pulverizadas em folhas de tomateiro sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar. Orientador: João Pereira Torres. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2015.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/279>

Baixado de Repositório Institucional UENP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

CAMPUS LUIZ MENEGHEL

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CAROLINA MARQUES DE CAMPLI

**ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS EM
FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2015**

CAROLINA MARQUES DE CAMPLI

**ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS EM
FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte
do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. João Pereira Torres

Coorientador: Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2015

C197e

CampII, Carolina Marques de
Espalhamento e tempo de evaporação de gotas pulverizadas em folhas de
tomateiro sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do
ar/ Carolina Marques de CampII; orientação João Pereira Torres, Rone
Batista de Oliveira. – Bandeirantes: Universidade Estadual do Norte do
Paraná, 2015.
87 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Norte do
Paraná – UENP, Bandeirantes, 2015.

Orientação: Prof. Dr. João Pereira Torres; Coorientador: Prof. Dr. Rone
Batista de Oliveira.

Inclui bibliografia

CAROLINA MARQUES DE CAMPLI

**ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS EM
FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR**

Aprovada em: 26/11/2015

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Euripedes Bomfim Rodrigues	UENP
Prof. Dr. João Pereira Torres	UENP
Prof. Dr.: João Tavares Bueno	UENP
Prof. Dr.: Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab	UEL

Prof. Dr. João Pereira Torres
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

Dedico esta dissertação aos meus pais Maria Inez
Barboza Marques e José Antônio Marques.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado essa oportunidade e pela forma como Ele cuidou de cada detalhe;

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. João Pereira Torres pela orientação, dedicação e compreensão para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira pela coorientação, paciência e dedicação.

Aos meus colegas do “Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos e Máquinas Agrícolas” – NITEC, pela forma como me receberam, pela ajuda nos momentos que precisei e por todo companheirismo.

As minhas queridas amigas Karina e Laís Maria, por toda ajuda prática e por todo conhecimento compartilhado.

Aos meus pais, Maria Inez e José por todo incentivo e amor incondicional.

Aos meus irmãos Yara e Mateus, por sempre estarem ao meu lado e a minha querida sobrinha Laura.

Ao meu marido Marcio pelo total apoio em todo o processo, paciência nos momentos mais difíceis e amor.

Aos meus amigos e familiares que sempre torceram por mim.

Aos professores Profa. Ms. Dirce e Prof. Dr. Marco Antônio Gandolfo e as funcionárias Conseqção, Marly e Soninha por toda ajuda que recebi durante a realização desse trabalho.

Ao produtor de tomate Edson por ter fornecido as plantas para a realização da pesquisa.

E por fim a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro.

Vou te levar, te conduzir...
E quando você alcançar,
Saberás que em todo tempo
Eu estive ao seu lado.

Chris Durán

CAMPLI, Carolina Marques. **ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS EM FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR.** 2015. 87 folhas. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2015.

RESUMO

A condição ambiental no momento da aplicação de produtos fitossanitários na superfície foliar pode ser um fator determinante nos processos físicos de evaporação e espalhamento de gotas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura e da umidade relativa do ar no espalhamento e no tempo de evaporação de gotas após a sua deposição em folhas de tomateiro com diferentes produtos fitossanitários em caldas preparadas com e sem adjuvantes. Gotas calibradas com 1000 μm de diâmetro foram depositadas na superfície adaxial de folhas de tomates e foram monitoradas até a sua evaporação em duas condições de ambiente (31 °C e 35 UR e 25 °C e 75 UR). O tempo de evaporação foi determinado através do intervalo entre a deposição da gota e sua extinção. Os produtos utilizados para a elaboração das caldas foram: CabrioTop[®] (2 g L⁻¹), Kumulus[®]DF (2 g L⁻¹), Nomolt[®]150 (0,250 ml L⁻¹), Pirate[®] (0,250 ml L⁻¹), Nimbus[®] (5,0 ml L⁻¹), Li700[®] (1,5 ml L⁻¹), CalSuper[®] (25 ml L⁻¹), BoroSuper[®] (3,5 ml L⁻¹) e FoliFósforo[®] (7,5 ml L⁻¹). Os produtos CabrioTop[®], Kumulus[®]DF, Nomolt[®]150 e Pirate[®] foram testados isoladamente (com água destilada) e em uma mistura específica (CabrioTop[®], Kumulus[®]DF, Nomolt[®]150, Pirate[®], CalSuper[®], BoroSuper[®] e FoliFósforo[®]), frequentemente utilizada pelos produtores e tomate em estufa da região de Bandeirantes-PR. Para avaliar o espalhamento e a evaporação de gotas em superfície foi criado um sistema capaz de simular diferentes condições ambientais. O sistema consiste de uma unidade de controle da temperatura e umidade relativa, um gerador de gotas que gera gotas de tamanho semelhante as utilizadas em pulverizações agrícolas a campo (200 - 1000 μm) e um estereoscópio equipado com uma câmera de alta definição para captura de imagens sequenciais. Em caldas sem adjuvante, o espalhamento de gotas aumenta na temperatura de 31°C e 35% UR e o tempo de evaporação diminui. No geral, a combinação de produtos e condições ambientais influenciam o espalhamento de gotas. A mistura testada proporcionou melhora significativa na área de molhamento de gotas em relação a maioria dos produtos testados. Em caldas contendo adjuvantes, o tempo de evaporação de gotas foi reduzido em alta temperatura e baixa umidade relativa do ar para a maioria das caldas. A ação dos adjuvantes no espalhamento e no tempo de evaporação de gotas depende do produto ao qual ele é adicionado.

Palavras-chave: Produtos fitossanitários. Tecnologia de aplicação. Molhamento de gotas. Evaporação de gotas. Adjuvantes.

DE CAMPLI, Carolina Marques. **SPREADING AND DROPS OF EVAPORATION TIME IN POWDERED TOMATO LEAVES UNDER CONDITIONS OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY CONTROLLED AIR**. 2015. 87 pages. Dissertation. Master's Degree in Agronomy - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes*, 2015.

ABSTRACT

Environmental conditions during phytosanitary products application on foliar surfaces can be a determining factor in evaporation physical processes and drip watering areas. The objective of this work was to evaluate the effect of temperature and the air relative humidity on the watering area and drops evaporation time after being deposited on the tomato plant leaves with different phytosanitary products in juices prepared with or without adjuvants. Calibrated drops with 1000 μm of diameter were deposited on the adaxial surface of tomato plant leaves and monitored up to evaporation under two environmental conditions (31 °C and 35 UR e 25 °C and 75 UR). Evaporation time was determined by the interval between drop deposition and its extinction. Products used for juice preparation were the following: CabrioTop[®] (2 g L⁻¹), Kumulus[®]DF (2 g L⁻¹), Nomolt[®]150 (0,250 ml L⁻¹), Pirate[®] (0,250 ml L⁻¹), Nimbus[®] (5,0 ml L⁻¹), Li700[®] (1,5 ml L⁻¹), CalSuper[®] (25 ml L⁻¹), BoroSuper[®] (3,5 ml L⁻¹) and FoliFósforo[®] (7,5 ml L⁻¹). Products Cabrio Top[®], Kumulus[®]DF, Nomolt[®]150 and Pirate[®] were tested alone (with distilled water) and a specific blend (CabrioTop[®], Kumulus[®]DF, Nomolt[®]150, Pirate[®], CalSuper[®], and BoroSuper[®] FoliFósforo[®]), often it used by producers and tomato in greenhouse Bandeirantes-PR region. To assess drops spreading and evaporation on the surface, a system was developed to simulate different environmental conditions. The systems consists of a temperature and relative humidity control unit, a drops generator which generates drops similar to those used in agricultural field spraying (200 - 1000 μm) and a stethoscope equipped with a high definition camera to capture sequential images. In juices without adjuvants, the drip watering area increases at 31°C and 35% RH and evaporation time decreases. In general, the combination of products and environmental conditions affect the drip watering area. The tested mix brought significant improvement to the drip watering area in relation to most tested products. In juices with adjuvants, drops evaporation time was reduced at high temperatures and low air relative humidity for most juices. Adjuvants action on the watering area and drops evaporation time depends on the product to which they were added.

Key words: Phytosanitary products. Application technology. Drip watering. Drops evaporation. Adjuvants.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A CULTURA DO TOMATE E O CONTROLE QUÍMICO.....	3
2.2. PRODUTOS.....	6
2.2.1. Fungicidas	6
2.2.2. Inseticidas.....	10
2.2.3. Adubos foliares	12
2.2.4 Adjuvantes.....	14
2.3. MISTURAS EM TANQUE	17
2.4. INFLUÊNCIA DA ÁGUA NA PREPARAÇÃO DAS CALDAS.....	20
2.5. FORMULAÇÕES	22
2.6. ESPALHAMENTO DE GOTAS	25
2.7. EVAPORAÇÃO DE GOTAS.....	26
2.8. TENSÃO SUPERFICIAL.....	27
2.9. pH DAS CALDAS DE PULVERIZAÇÃO	28
2.10. CONDIÇÕES AMBIENTAIS	29
3. ARTIGO 01: ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS EM FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR.....	31
3.1. MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1.1. Tratamentos.....	31
3.1.2. Avaliação do espalhamento e tempo de evaporação de gotas.....	33
3.1.3. Análises da tensão superficial das caldas	36
3.1.4. Análises do pH das caldas.....	37
3.1.5. Análises estatísticas.....	37
3.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.2.1 Espalhamento de gotas	38
3.2.2. Tempo de evaporação de gotas depositadas em superfície	43
3.2.3. pH das caldas.....	50
4. ARTIGO 02: ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS COM ADJUVANTES EM FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR.....	53
4.1. MATERIAIS E MÉTODOS	53

4.1.1. Tratamentos	53
4.1.2. Análises do espalhamento e tempo de evaporação de gotas	56
4.1.3. Análises da tensão superficial das caldas	59
4.1.4. Análises do pH das caldas	60
4.1.5. Análises estatísticas	60

1. INTRODUÇÃO

A região de Bandeirantes - PR tem se destacado pelo cultivo do tomateiro em estufa e em geral os produtores utilizam aplicações de produtos fitossanitários para o controle de agentes de danos como forma de garantir melhor produtividade. Com isso, conhecer a forma como esses produtos se comportam em diferentes condições ambientais torna-se fundamental para diminuir riscos de contaminação, evitar perdas e para determinar o melhor momento para fazer as aplicações.

O molhamento e a evaporação de gotas interferem nos processos de deposição e eficiência dos produtos e por isso são fenômenos de grande importância. As perdas por evaporação, que podem ocorrer no momento da pulverização até a gota atingir o alvo ou na aplicação em horário inadequado, levam ao aumento do volume de calda, que podem ampliar os danos ambientais causados pelo emprego inadequado de técnicas de pulverização.

Além do tempo de evaporação das gotas o espalhamento também é um fator de grande importância na aplicação de produtos fitossanitários. A eficácia de um produto é influenciada pela forma como esse produto é distribuído na superfície foliar, que pode ser diminuída se as gotículas de ingrediente ativo permanecerem sobre a superfície ou não forem uniformemente espalhadas, especialmente sobre as superfícies de difícil molhamento.

A tensão superficial refere-se ao efeito físico que ocorre na interface de duas fases químicas diferentes e ela apresenta relação inversamente proporcional ao espalhamento gotas. Por isso, conhecer os valores da tensão superficial de uma calda, torna-se essencial para garantir a qualidade de uma aplicação foliar.

Os adjuvantes têm sido utilizados com frequência nas pulverizações agrícolas com o objetivo de melhorar o desempenho de uma solução e reduzir os efeitos negativos das mesmas, como formação de espuma, deriva, entre outros.

A mistura de produtos fitossanitários constitui-se uma prática comum no dia-a-dia dos agricultores em geral, porém, a forma como esses produtos interagem e a eficiência desse tipo de aplicação ainda requer mais pesquisas, devido à contradição entre a não recomendação, inclusive proibição em legislação, versus o uso cada vez mais frequente.

A mistura em tanque é de responsabilidade do agricultor, diferente do que acontecia entre os anos de 1995 e 2002, onde o Ministério da Agricultura exigia registros para as misturas.

O ambiente protegido na cultura do tomate permite proteção às plantas contra temperaturas elevadas e alta intensidade de radiação solar durante todo o seu crescimento. Associando-se cultivares de alto potencial produtivo e manejo das condições ambientais é possível obter elevadas produtividades na cultura do tomate. Com o cultivo protegido ou a produção em estufa tem-se conseguido controlar as condições de ambiente (Fontes, et al., 1997).

Conhecer o comportamento das gotas de pulverização após sua deposição contribui para o aumento da eficiência na aplicação, redução dos riscos de contaminação ambiental e melhora a absorção dos produtos fitossanitários que tem influencia direta no controle de agentes de danos. Informações sobre o tempo de evaporação e espalhamento de gotas sobre as superfícies de plantas ajudam empresas formuladoras de produtos fitossanitários a desenvolver melhores produtos que possam maximizar a absorção dos mesmos pelas folhas. Essas informações também podem contribuir com a eficácia no momento da aplicação, diminuição do uso de produtos fitossanitários, selecionando tamanhos de gotas ideais e formulações químicas para as culturas específicas em condições ambientais específicas.

Os objetivos específicos dessa pesquisa foram avaliar o efeito dos produtos isolados (somente com água destilada) e uma mistura específica no espalhamento e tempo de evaporação de gotas, avaliar os efeitos das condições de ambiente encontradas frequentemente dentro das estufas para as variáveis estudadas e avaliar o efeito dos adjuvantes Nimbus® e Li700® nas caldas testadas. Em razão do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura e da umidade relativa do ar no espalhamento e no tempo de evaporação de gotas de diferentes caldas, com e sem adjuvantes, após sua deposição (condição estática) em folhas de tomateiro conduzido em estufa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO TOMATE E O CONTROLE QUÍMICO

A cultura do tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) é um dos principais produtos olerícolas produzidos e desempenha importante papel na economia nacional. Ficando atrás apenas da cultura da batata, o tomate é a segunda hortaliça mais importante do Brasil (Luz et al., 2007). A cultura tem origem peruana sendo cultivada em todas as regiões brasileiras, é uma das hortaliças mais importantes em área, volume produzido e consumo (Medeiros et al., 2009). Por ser a hortaliça mais industrializada na forma de inúmeros subprodutos, como extrato, polpa, pasta e seco, o tomate é uma das culturas nacionais de maior importância econômica (Nascimento et al., 2013). A tomaticultura encontra-se disseminada em todo território nacional, sendo as regiões Sudeste e Centro-Oeste os principais centros de produção para os tomates de mesa e indústria, respectivamente (Souza et al., 2014).

Para o cultivo do tomate, existe uma diversidade de sistemas de produção que variam de acordo com a região, com o poder aquisitivo do produtor, com a classificação quanto ao grupo a que pertence o tomateiro, com o hábito de crescimento e com a cultivar. O sistema de produção de tomate mais praticado no Brasil é a campo aberto, com pequenas variações regionais que não chegam a descaracterizá-lo. Muito usado em alguns países da Europa, o sistema de cultivo protegido vem apresentando no Brasil um incremento na área plantada, principalmente a partir da última década (Alvarenga, 2004). Com o objetivo de obter maior produtividade com melhor qualidade do produto final tem-se utilizado o cultivo de culturas em estufa plástica (Reis et al., 2009).

Para a formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja, em regiões de elevadas temperaturas com excesso de radiação e períodos longos de chuvas, o cultivo em ambiente protegido promove a oportunidade aos agricultores de fornecerem ao mercado o seu produto o ano todo. Os filmes e telas servem como proteção a radiação direta dos raios do sol sobre o vegetal e diminui os danos aos tecidos das plantas em estado juvenil. Esses ambientes propiciam melhores condições para a formação das mudas, fase essencial para o sucesso no canteiro de produção, assim como promovem condições de cultivo em qualquer época do ano (Costa et al., 2015).

O ambiente protegido na cultura do tomate permite proteção às plantas contra temperaturas elevadas e alta intensidade de radiação solar durante todo o seu crescimento. A luz tem influência complexa no crescimento, no desenvolvimento e na produção das culturas e, dentro do ambiente protegido à absorção, a reflexão do material da cobertura plástica e a densidade de fluxo da radiação solar global é menor que a observada externamente (Reis et al., 2013).

O tomateiro é uma hortaliça de larga adaptação climática. De maneira geral, as faixas de temperaturas ótimas nos estádios de crescimento e desenvolvimento do tomateiro são: germinação (15 a 25 °C), formação das mudas (20 a 25 °C), florescimento (18 a 24 °C), pegamento de frutos (14 a 17 °C durante a noite e 19 a 24 °C durante o dia) e na fase de maturação (de 20 a 24 °C). Em ambiente protegido (casa-de-vegetação), a ocorrência de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar provoca redução da taxa de polinização, aumento da taxa de transpiração, fechamento de estômatos e abortamento de flores que conseqüentemente, reduz a produção. Com relação ao foto período, em ambiente protegido, a cobertura plástica pode reduzir a luminosidade em 20 a 40 %, especialmente em locais com baixa radiação solar, provocando prejuízos (Alvarenga, 2004).

A temperatura é fator limitante para o cultivo do tomateiro em estufa em que a máxima permitida é 30 °C e a mínima, 12 °C (Reis et al., 2013). A cultura do tomate encontra-se adaptada as condições de clima da maioria das regiões brasileiras, porém, no período da entressafra ela enfrenta redução da sua oferta no mercado. Em condições adversas, principalmente de temperatura e umidade relativa, a qualidade dos frutos (aparência, sabor e cor) para consumo in natura é afetada, sendo essa fundamental para sua aceitação no mercado consumidor (Vivian et al., 2008). Associando-se cultivares de alto potencial produtivo e manejo das condições ambientais é possível obter elevadas produtividades na cultura do tomate. Com o cultivo protegido ou a produção em estufa tem-se conseguido controlar as condições de ambiente (Fontes, et al., 1997).

Durante todo o ciclo da cultura do tomateiro, desde a sementeira até a colheita dos frutos, o ataque por insetos-praga é intenso. Os ataques podem causar danos consideráveis dependendo da intensidade mesmo em cultivos protegidos (casas de vegetação). O microclima e a área foliar da cultura propiciam o desenvolvimento de pragas e doenças, as quais se instalam nessa cultura buscando a sua sobrevivência (Alvarenga, 2004).

Por ser uma cultura muito susceptível a pragas e doenças a cultura do tomate exige muitos tratos culturais e com o uso excessivo de produtos fitossanitários o risco econômico torna-se elevado (Luz et al., 2007). Devido à alta incidência e susceptibilidade a pragas e doenças, o tomate, seja para consumo de mesa ou para processamento industrial, é uma das culturas mais difíceis de produzir sem o uso de produtos fitossanitários (Alves et al., 2010). Por ser uma hortaliça muito consumida in natura, a preocupação com a saúde dos consumidores devido à possibilidade de resíduos de produtos fitossanitários, vem causando um aumento na procura por tomate orgânico (Vieira et al., 2014).

Chegando a três aplicações semanais de produtos fitossanitários, o número elevado de pulverizações na cultura do tomate é decorrente de condições ambientais propícias, como temperatura amena e precipitações constantes entre os meses de dezembro e fevereiro que podem levar ao desenvolvimento das principais doenças que atacam a cultura, além do ataque de insetos-praga (Wanser et al., 2008). Um grande número dos produtores de tomate, temendo perder a produção e ter grande prejuízo abusa no uso de produtos fitossanitários, que aumenta os custos, contamina o meio ambiente e ainda não proporciona os resultados esperados (Nascimento et al., 2008). No Brasil, a frequência de uso de produtos fitossanitários também é maior que a média verificada em países de altas latitudes (Gazziero, 2015).

Durante o controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas, dá-se muita importância ao produto fitossanitário e pouca atenção à técnica de aplicação. Com isso, pode ocorrer perda de eficiência, com superdosagens ou subdosagens, que levam à perda de rentabilidade dos cultivos e a danos ao ambiente e à própria saúde humana (Cunha e Ruas 2006). A utilização correta e criteriosa de produtos fitossanitários é exigida cada vez mais do produtor rural, porém, o que se vê no campo é a falta de informação em torno da tecnologia de aplicação (Cunha e Teixeira, 2001). A tecnologia de aplicação e sua eficiência são determinadas, dentre outros fatores, pela adequada colocação e distribuição do produto fitossanitário no alvo (Cunha et al. 2010a). Principalmente para os fungicidas de contato, a má qualidade da aplicação pode comprometer e limitar seriamente a eficácia da pulverização. Fatores como tipos de pontas de pulverização, volume de aplicação, pressão, altura de barra e velocidade do trator devem ser sempre considerados, com o objetivo de proporcionar a melhor cobertura possível da cultura (Töfoli et al., 2014).

2.2. PRODUTOS

2.2.1. Fungicidas

Na busca por melhores preços para seus produtos colhidos, os tomaticultores, têm arriscado o plantio em épocas extremamente favoráveis à ocorrência de doenças, certos de que podem controlá-las com pulverizações com fungicidas, em caráter preventivo (Coelho et al., 2011).

Os fungicidas são classificados como não penetrantes quando são aplicados nos órgãos aéreos e não são absorvidos e translocados e como penetrantes quando são depositados na superfície do órgão suscetível e deslocam-se para o interior dos tecidos foliares (Reis et al., 2010a). Por apresentarem amplo espectro de ação atuando em diversos processos metabólicos vitais do fungo, os fungicidas protetores apresentam baixo risco de resistência pelo patógeno. Os fungicidas de ação sistêmica apresentam maior especificidade (Rodrigues et al., 2007).

Em relação à planta, os fungicidas podem ser classificados em produtos não sistêmicos, mesostêmicos, translaminares e sistêmicos. Os fungicidas de contato formam uma película protetora na superfície da planta, que impede a penetração do patógeno. Os mesostêmicos podem se redistribuir na fase de vapor ou ser absorvidos pelo tecido, sem apresentar nenhum movimento pois apresentam alta afinidade com a camada cerosa da superfície das folhas. Os fungicidas sistêmicos são aqueles que podem se movimentar na planta, através de vasos condutores, podendo atingir locais distantes do local depositado, enquanto que os translaminares distribuem-se de forma limitada nos tecidos (Töfoli et al., 2014).

Caracterizados por formar uma película protetora na superfície das plantas, os fungicidas de contato impedem a penetração dos esporângios ou zoósporos. Geralmente são produtos com múltiplos sítios de ação e amplo espectro, sendo considerados inespecíficos. Esses produtos só garantem a proteção no local em que foram depositados ou redistribuídos e por isso exigem aplicações periódicas e cobertura total na parte aérea da planta. São produtos que, por permanecerem na superfície foliar, estão mais sujeitos à ação negativa de chuvas e

água de irrigação. Os fungicidas mesosistêmicos podem se redistribuir na fase de vapor ou ser absorvido pelo tecido, sem, no entanto, apresentar nenhum tipo de movimento por apresentarem alta afinidade com a camada cerosa superficial das folhas. Por terem essas características esses produtos apresentem maior efeito residual, redistribuição e elevada tenacidade. Os fungicidas translaminares caracterizam-se por poderem penetrar e se redistribuir a curtas distâncias no tecido tratado. Os fungicidas sistêmicos apresentam características semelhantes aos fungicidas translaminares, porém, esses produtos distinguem-se pelo fato de serem translocados pelo sistema vascular e se distribuírem na planta, no sentido acropetal (de baixo para cima). No geral apresentam rápida absorção e períodos longos de proteção, e esses fatores são influenciados pela umidade relativa do ar, temperatura, taxa de crescimento das plantas, pressão da doença, entre outros (Töfoli et al., 2013).

Os fungicidas de contato caracterizam-se por formar uma película protetora na superfície da planta, que impede a penetração do patógeno (Töfoli et al., 2012). Produtos com ação de contato geralmente necessitam de maior cobertura do alvo que os sistêmicos, por isso precisam de maior volume de calda (Gazziero, 2015). De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas. No caso de fungicidas, esta desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle das doenças, principalmente no caso de fungicidas de contato (Reis et al., 2012).

Os produtos de ação sistêmica penetram na seiva da planta percorrendo os tecidos vegetais e os de contato atuam somente em superfície e parte deste é degradado pelo próprio vegetal (Vinha et al., 2011). Para serem absorvidos ou translocados através dos tecidos da planta em quantidade suficiente para o controle de doenças fúngicas, os produtos sistêmicos necessitam de um espaço de tempo entre a pulverização e a ocorrência de chuvas (Santos et al., 2002).

As propriedades físico-químicas dos fungicidas sistêmicos são as responsáveis por determinar a velocidade que esses produtos penetram nos tecidos e translocam dentro dos mesmos. Estas propriedades são mensuradas através de um coeficiente denominado coeficiente de partição ou $\log p$ (Azevedo, 2007). Para fungicidas sistêmicos, atribui-se comumente o valor de $\log P$ de 3,2, ou inferior a este, como sendo rapidamente absorvidos e translocados na planta (Lenz, 2010).

Quanto ao processo infeccioso, os fungicidas podem apresentar ação protetora, que é quando o produto é aplicado antes do patógeno infectar os tecidos da planta,

ação curativa, que se refere à capacidade do fungicida em limitar o desenvolvimento do patógeno, quando aplicado no período latente, ou seja, no intervalo entre a penetração e o aparecimento dos primeiros sintomas, ação antiesporulante, que limita a reprodução ou inviabiliza as estruturas reprodutivas do patógeno e ação residual, que confere proteção após a aplicação do produto e pode variar por causa da estabilidade da molécula, tenacidade, crescimento da planta e ocorrência de intempéries. As ações curativas, antiesporulantes e residual são verificadas, sobretudo, para fungicidas translaminares e sistêmicos, podendo em alguns casos ser observadas para produtos mesostêmicos (Töfoli et al., 2013).

Os fungicidas Cabrio[®]Top (metiram + piraclostrobina) e Kumulus[®]DF (enxofre) utilizados para o desenvolvimento da pesquisa pertencem aos grupos químicos dos Ditiocarbamatos + estrobirulina; e dos inorgânicos respectivamente. Esses fungicidas apresentam diferentes mecanismos de ação de acordo com os grupos ao qual pertencem. Ambos possuem formulação do tipo grânulos dispersível em água.

O fungicida Cabrio[®] Top é um produto que apresenta duplo modo de ação, atuando através do ingrediente ativo Pyraclostrobina como inibidor do transporte de elétrons nas mitocôndrias das células dos fungos, inibindo a formação de ATP, essencial nos processos metabólicos dos fungos e através do ingrediente ativo Metiram o qual se decompõe formando compostos tóxicos, que reagem inespecificamente com enzimas sulfidrilicas, as quais estão largamente distribuídas na célula do fungo, atuando assim sobre um grande número de processos vitais, da célula do fungo, inibindo a germinação dos esporos, bem como o desenvolvimento do tubo germinativo. O fungicida Kumulus[®] DF caracteriza-se por uma rápida ação inicial e curta persistência. É efetivo contra diversas espécies de ácaros e contra fungos patogênicos de desenvolvimento externo, também apresenta efeito desalojante sobre pragas de difícil atingimento (BASF, 2015).

A chamada pyraclostrobina faz parte do grupo das estrobilurinas, análogos sintéticos da molécula natural estrobilurina A. Como as demais estrobilurinas, tal molécula tem a capacidade de inibir a germinação dos conídios, o desenvolvimento do tubo germinativo e a esporulação dos fungos (Motta, 2009). As estrobirulinas atuam através da inibição da respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1 e interferindo na formação de ATP (30). São moléculas derivadas do β -metoxiacrilato e podem ter ação mesostêmica, acumulando-se na cutina (Nascimento et al., 2012a). Além de atuarem diretamente sobre o patógeno, estudos têm provado que algumas

estrobirulinas apresentam efeitos benéficos à planta, tais como: redução da produção de etileno, aumento da atividade da enzima nitrato-redutase, atraso na senescência, aumentos do teor de clorofila e proteínas, bem como reflexos positivos na produtividade e qualidade (Töfoli et al., 2013).

O mecanismo de ação dos ditiocarbamatos (orgânicos) caracteriza-se pela peroxidação dos lipídios e interação com a enzima flavina-redutase do citocromo-c. Os fungicidas a base de enxofre pertence ao grupo dos inorgânicos e também interferem em várias funções celulares (multissítio), inibindo a respiração através de seus produtos de redução, como sulfito de hidrogênio, interferindo na síntese de proteínas e formando quelatos com metais pesados na célula do fungo (Reis et al., 2010a). Os fungicidas são os produtos fitossanitários mais utilizados na cultura do tomate, sendo os ditiocarbamatos os mais aplicados (Alves et al., 2010).

Os ditiocarbamatos foram desenvolvidos a partir da década de 1940 e são fungicidas de contato que inibem diretamente o desenvolvimento micelial e a germinação de esporângios e zoósporos. O mancozebe, propinebe e metiram são produtos que se enquadram nesse grupo e são caracterizados por atuarem em diversos mecanismos relacionados à produção de energia na célula fúngica e inativação de aminoácidos em importantes processos bioquímicos que envolvem enzimas do grupo “tiol”. Com a ocorrência de chuvas, esses fungicidas são mais vulneráveis de serem lavados da superfície foliar (Töfoli et al., 2013).

Os fungicidas sistêmicos por apresentarem mecanismos de ação específicos são mais vulneráveis à ocorrência de resistência. Para evitar esse problema, recomenda-se que esses sejam utilizados de forma alternada ou formulados com produtos inespecíficos (contato), que se evite o uso repetitivo de produtos com o mesmo mecanismo de ação e que não se faça aplicações curativas em situações de alta pressão de doença (Töfoli et al., 2014).

Na comparação de dois métodos de aplicação de fungicidas no controle do mofo cinzento (*Botrytis cinerae* Pers.:Fr.) em vasos com plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.), a mistura de dois fungicidas, um sistêmico e um de contato, independentemente do método de aplicação, aumentou a eficiência do controle em relação ao tratamento somente com produto sistêmico (Katz et al., 2006). Quando comparadas aos produtos aplicados isoladamente, as misturas de fungicidas foram igualmente eficientes na redução de oídio em soja. Contudo, como vantagem, as misturas reduzem a possibilidade de seleção de raças resistentes do patógeno aos fungicidas e contribuem com o controle de outras doenças (Blum et al., 2002).

Em relação ao ambiente, um dos principais fatores capazes de comprometer a eficácia de fungicidas é a ocorrência de chuvas. O controle de uma determinada doença é definido pela quantidade de produto que adere ou é absorvido pela planta e a quantidade ativa na planta após a ação de chuvas. A interação de fungicidas com a ocorrência de chuvas é influenciada por diversos fatores como a quantidade, a intensidade, a frequência das precipitações, o tempo de secagem dos depósitos, a formulação do produto, a dose aplicada, o uso de adjuvante e as diferenças estruturais existentes entre as superfícies foliares de diferentes culturas e cultivares (Töfoli et al., 2013).

2.2.2. Inseticidas

Devido a problemas como seleção de populações resistentes, alteração no comportamento de inimigos naturais e problemas ambientais, medidas que viabilizem a redução nas aplicações de inseticidas na cultura do tomate devem ser implementadas (Castelo Branco et al., 2003). O desenvolvimento de resistência devido ao uso indiscriminado de inseticidas pode acarretar na perda de um produto ou mesmo de uma classe inteira de produtos, levando à limitação de alternativas para o controle efetivo de determinadas pragas, comprometendo o uso efetivo do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Alves e Serikawa, 2006).

A partir da década de 1980, intensificou-se a busca por moléculas inseticidas e acaricidas mais seguras e adequadas para o uso agrícola e isso tem contribuído para um manejo mais racional iniciando-se uma substituição gradativa dos grupos químicos de produtos fitossanitários mais tóxicos e de amplo espectro de ação, por grupos menos tóxicos e mais seletivos (Zambolim et al., 2008).

Atualmente os inseticidas sintéticos são o principal método de controle de insetos. A eficiência de inseticidas de ação sistêmica pode variar em consequência da condição do estresse hídrico das plantas, já que têm sua ação diretamente influenciada pela atividade metabólica das mesmas (Torres e Torres, 2008). Para estabelecer estratégias de uso, conhecer a ação inicial de inseticidas sistêmicos é de grande importância, de modo a proporcionar uma rápida proteção e por um período mais prolongado, quando comparados a inseticidas de contato, que apresentam residual mais curto (Coelho et al., 2005).

Dentre os inseticidas que compõem a gama de químicos que atua no controle de pragas do tomate está o Nomolt[®]150 (teflubenzurom), um inseticida fisiológico altamente eficiente para controle de importantes lagartas. O produto é considerado eficiente por controlar importantes lagartas-da-soja e milho. Inseticida fisiológico largamente utilizado no algodão com recomendação de uso para diversos outros cultivos. Além do Nomolt[®]150 há também o Pirate[®]150 (clorfenapir), inseticida–acaricida, que é um produto do grupo análogo de pirazol. Tem demonstrado extrema eficiência no controle de espécies que apresentam suspeitas de resistências aos principais grupos químicos como Fosforados, Carbamatos, Piretroides e Fisiológicos. Em estudos realizados em laboratório, o produto não tem apresentado indícios de resistência cruzada. Devido ao seu modo de ação único, Pirate[®] apresenta-se como uma boa opção para o manejo integrado de pragas, principalmente nos Programas de Rotação ou Alternância de Produtos (BASF, 2015).

Os inseticidas reguladores de crescimento são frequentemente chamados de “inseticidas fisiológicos”, entretanto essa definição é inadequada, pois outros grupos também atuam em processos fisiológicos dos artrópodes. Os reguladores de crescimento interferem nos mecanismos de controle da metamorfose e ecdise dos insetos. Os inibidores de respiração celular agem por contato e ingestão. Apresentam ação translaminar e o principal sítio de ação é a mitocôndria (Zambolim et al., 2008). Deve-se sempre alternar inseticidas de diferentes grupos químicos para se reduzir o risco do surgimento de populações do vetor resistentes (Junior et al., 2010).

Os produtos do grupo dos Pirazole atuam diretamente no sistema GABA (ácido gama aminobutírico), interferindo na atividade nervosa dos insetos. Durante os impulsos nervosos esse ácido é responsável pela entrada de íons cloro nas células nervosas, e os produtos do grupo pirazole bloqueiam esse processo, causando distúrbios nervosos e levando a morte dos insetos. Em relação ao meio ambiente, essa especificidade dos produtos permite menor agressão. Possuem alto poder residual, atuam como cupinicida, formicida e acaricida e são encontrados nas formulações de grânulos dispersíveis em água (WG) e suspensão concentrada (SC) (Alvarenga, 2004).

2.2.3. Adubos foliares

As espécies olerícolas pertencentes à família Solanaceae, como é o caso da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e do pimentão (*Capsicum annuum* L.), apresentam alto valor econômico e a aplicação de fertilizantes foliares, incluindo o Ca e o B, tem sido praticada pelos produtores, visando o aumento de produção e a qualidade dos frutos. Entretanto, os efeitos desses micronutrientes no desenvolvimento dessas hortaliças requerem novos estudos, principalmente em condições de ambiente protegido, onde o cultivo delas aumentando cada vez mais (Pereira e Melo, 2002).

O fósforo influencia no tamanho, peso, coloração e valor alimentício do tomate. Age sobre a precocidade dos frutos e em combinação com N e K melhora a coloração da película, a coloração da polpa, a firmeza, o teor de vitamina e a maturidade. A deficiência desse nutriente leva a má fecundação e a maturação tardia dos frutos. O fornecimento de Ca na cultura aumenta o teor de ácido ascórbico e a deficiência pode causar podridão-apical e podridão-estilar. A deficiência de Boro causa manchas na base peduncular, principalmente nos frutos novos da extremidade do cacho, que toma rapidamente coloração amarronzada-fosca e progride em toda a superfície do fruto (Alvarenga, 2004).

A deficiência de Ca em certos órgãos na cultura do tomate prejudica a qualidade dos frutos. Em vista de fatores que levam a deficiência de Ca como, altas doses de N, uso de amônio como fonte de N, estresse hídrico, diferenças varietais, altas temperaturas, alto índice de transpiração foliar, taxa de crescimento da planta, sendo a deficiência mais acentuada no período de crescimento mais rápido, pressão osmótica da solução, salinidade (efeito do NaCl), adição de fósforo (melhora a absorção de Ca) e concentração de outros cátions na solução, principalmente o potássio, a melhor solução seria a suplementação de Ca mediante pulverizações na parte aérea, especialmente nos frutos (Alvarenga, 2004).

Os nutrientes influenciam de maneira significativa o desenvolvimento de doenças de plantas. O fósforo ajuda acelerar o processo de maturação dos tecidos, diminuindo a infecção por patógenos que atacam principalmente tecidos jovens e, desse modo, esse nutriente tem sido importante no decréscimo do ataque de diferentes espécies. O Ca tem função complementar a do Potássio na manutenção da organização celular, hidratação e permeabilidade. O Boro está relacionado com a proteção das plantas contra doenças devido a sua participação no metabolismo dos fenóis e lignina (Alvarenga, 2004).

Os solos brasileiros apresentam elevada capacidade de retenção do fósforo, são ácidos e com baixa fertilidade e isso leva à aplicação de elevadas doses de fosfatos, contribuindo para o aumento nos custos de produção e na redução dos recursos naturais não renováveis que originam esses insumos (Moura et al., 2001). Em hortaliças, o fósforo influencia no desenvolvimento do sistema radicular o que acaba levando a um aumento na absorção de água e nutrientes e conseqüentemente aumenta a qualidade e o rendimento dos produtos colhidos (Avalhaes et al., 2009).

A adubação foliar consiste no suprimento de nutrientes por pulverização nas partes aéreas das plantas. A absorção foliar apresenta duas fases bem distintas, uma fase passiva que pode ser completada em poucos minutos e que ocorre sem gasto de energia (difusão) e uma fase ativa que geralmente ocorre depois de algumas horas onde o nutriente penetra no simplasto e se movimenta com gasto de energia (Malavolta et al., 1997).

Verificando a compatibilidade entre acaricidas e fertilizantes foliares em função de diferentes águas no controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus phoenicis*, observou-se que ocorreram variações consideráveis dos valores de pH e da condutividade elétrica das caldas após a adição dos fertilizantes foliares. Entretanto, tais alterações não interferiram na eficiência dos acaricidas sobre *B. phoenicis*. (Andrade et al., 2013).

Os adubos utilizados na pesquisa foram Cal Super[®], contendo aditivo tensoativo aniônico a 2,0%, surfatante aniônico a 2,0%, espessante tixotrópico a 0,5% e corretivo de acidez: Carbonato de Cálcio 62%. Para a cultura do tomate a recomendação é oito aplicações a partir dos 56 dias do transplante. Boro Super[®], contendo aditivo tensoativo aniônico a 2,0% e surfactante aniônico a 2,0% e Foli Fósforo[®].

2.2.4 Adjuvantes

Visando auxiliar na aplicação correta de produtos fitossanitários, algumas tecnologias têm sido pesquisadas e incorporadas as pulverizações agrícolas, dentre elas tem se ressaltado o uso dos adjuvantes agrícolas (Sasaki et al., 2015). Adicionados à calda de pulverização os adjuvantes podem aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos e também são responsáveis pela manutenção das características físico-químicas das formulações desde a fabricação até a utilização final em campo (Cunha et al., 2010a). Entre os diversos tipos de adjuvantes existentes, pode-se mencionar: antideriva, surfatantes ou espalhantes, antiespumantes, corretores de pH, emulsificantes, entre outros (Nascimento et al., 2012b).

Os produtos fitossanitários em geral já possuem seus próprios adjuvantes em sua formulação e o uso indiscriminado de outros adjuvantes no momento da aplicação pode resultar em efeitos antagônicos ao seu desempenho ou não trazer benefício algum. Por estes motivos, o uso de aditivos de calda não deve ser feito de forma aleatória. O uso de adjuvantes deve ser precedido de um rigoroso estudo das reais necessidades do sistema de aplicação e das consequências de sua utilização, visando os efeitos benéficos do emprego desta tecnologia (Queiroz et al., 2008). Condições ambientais, características do alvo e interação entre o surfatante e o agrotóxico utilizado são fatores determinantes na eficiência dos surfatantes (Oliveira, 2011).

Os adjuvantes são formulações que melhoram a eficácia da pulverização quando são utilizados em conjunto com produtos fitossanitários. As formulações podem ser constituídas de diferentes substâncias, como agentes molhantes, espalhantes dispersantes, supressores de espuma, penetrantes, reguladores de taxa de evaporação, reguladores de pH, solventes e solubilizantes (Zambolim et al., 2008). O acréscimo de surfatantes nas caldas aquosas de pulverização contribui para a formação de filmes líquidos sobre as superfícies foliares graças ao processo de coalescência das gotas (Montório, 2005). O processo de formação das gotas pode ser significativamente alterado pelo uso de certas formulações e pela adição de adjuvantes, visto que estes alteram características físico-químicas das caldas, como tensão superficial e viscosidade (Cunha et al., 2010a).

Os adjuvantes atuam de maneira diferente entre si, promovendo melhoras no molhamento, na aderência, no espalhamento, na redução de espuma e na dispersão da calda de

pulverização (Cunha e Peres, 2010). O uso de adjuvante pode afetar o tempo de evaporação de uma gota depositada sobre uma superfície foliar, podendo interferir sobre a eficácia do controle (Baio et al., 2015). Avaliando a deposição de calda na aplicação aérea e terrestre em caldas compostas por água ou água mais adjuvante de forma geral, a adição do adjuvante fosfatidilcolina + ácido propiônico (Li 700[®]), melhorou a deposição de calda nas partes superior e inferior das plantas da batata (Bueno et al., 2013).

A ação dos adjuvantes em melhorar o espalhamento de gotas de pulverização pode ser atribuída à capacidade de redução da tensão superficial da solução, o que aumenta a área de contato da gota com epiderme foliar. Entretanto, a adição de adjuvantes à calda nem sempre resulta no efeito esperado, já que as características da superfície foliar têm grande influência sobre a deposição de gotas (Costa et al., 2014a).

As alterações na temperatura das caldas influenciaram as características físico-químicas de maneira diferenciada para cada adjuvante testado, o que demonstra a complexidade do estudo dessa relação e a impossibilidade de generalizações. O efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das soluções aquosas mostrou-se dependente de sua composição química e da formulação (Cunha et al., 2010b). Quanto aos resultados obtidos em relação ao uso dos adjuvantes, existem divergências e isto se deve ao fato de ocorrer interação entre as diferentes caldas de pulverização e a técnica aplicada (Sasaki et al., 2015).

Óleos minerais e vegetais têm sido utilizados com frequência como adjuvantes nas pulverizações agrícolas. Os óleos minerais e vegetais possuem amplo espectro de uso e podem ser utilizados tanto no controle de insetos e fungos isoladamente, quanto como adjuvantes adicionados às caldas de pulverizações. Associados aos fungicidas auxiliam no controle do fungo causador da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), na cultura da banana, 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).

Os óleos minerais e os vegetais 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 (Queiroz et al., 2008). Na estimativa da área e da capacidade de retenção foliar de diferentes caldas em citros, a utilização de óleo mineral diminuiu a quantidade máxima de líquido que as

folhas podem reter o que contribui para uma redução no volume de calda utilizado em pulverizações (Barbosa et al., 2013).

A utilização de determinados adjuvantes pode melhorar efetivamente a eficiência biológica dos inseticidas. Entretanto, essa melhora não é válida para todos os adjuvantes, pois deve ser levado em conta o produto utilizado e o alvo biológico (Arrué et al., 2014). Adjuvantes são adicionados a formulações comerciais de fungicidas por proporcionarem maior cobertura das folhas e aumentar o ingresso do ingrediente ativo nos tecidos vegetais (Nascimento et al., 2012a). O efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das soluções aquosas mostrou-se dependente de sua composição química e formulação (Cunha e Alves, 2009).

Substâncias que alteram a tensão superficial são comumente chamados de surfatantes ou tensoativos. A capacidade de reduzir a tensão superficial dos líquidos é devido à agregação desses compostos na interface entre água e óleo (ou solvente orgânico), com as caudas hidrocarbônicas mergulhadas no óleo e as cabeças polares na água (Previdello et al., 2006). Avaliando as alterações produzidas por doze adjuvantes em algumas propriedades físico-químicas de caldas de pulverização, sob condições de ambiente controladas, sobre a área de molhamento de folhas de soja e sobre a alteração no tamanho de gotas, todas as caldas contendo adjuvantes usadas para avaliar as alterações das propriedades físico-químicas no momento da aplicação reduziram tensão superficial. Essa redução na tensão superficial proporciona melhora no molhamento foliar, pois facilita o espalhamento das gotas pulverizadas quando atinge o alvo, podendo aumentar a absorção do ingrediente ativo do agrotóxico pela planta e potencializar sua eficiência no controle (Baio et al., 2015).

A qualidade da água influencia diretamente no momento da aplicação. A dureza da água é capaz de interferir negativamente na qualidade da calda de agrotóxicos, em função destes, nas suas formulações são adicionados adjuvantes que são responsáveis pela sua emulsificação (óleos) ou dispersão (pós) na água, denominados de tensoativos. Tais adjuvantes são sensíveis à dureza, pois atuam no equilíbrio de cargas que envolvem o ingrediente ativo, equilíbrio este que é alterado pela água dura (Queiroz et al., 2008).

Com relação aos adjuvantes utilizados nessa pesquisa, o Li 700[®] é um surfatante ou agente acidificador que pode ser adicionado à calda de pulverização de herbicidas, inseticidas, acaricidas, fungicidas, desfoliantes, dessecantes e reguladores de crescimento, melhorando a distribuição e aderência desses agrotóxicos na superfície das

plantas. Na calda de pulverização, esse produto proporciona diminuição da tensão superficial das gotas de pulverização, promovendo cobertura mais uniforme e da superfície tratada, bem como promove contato mais direto do produto com a planta, auxiliando desse modo sua penetração, melhorando conseqüentemente a eficácia de aplicação desses agrotóxicos. Li 700[®] pode também atuar como agente acidificador, com o objetivo de reduzir o pH da calda de pulverização, prevenindo deste modo a hidrólise alcalina dos agrotóxicos sensíveis à pH alto. O óleo mineral Nimbus[®] é um adjuvante que pode ser adicionado à calda de produtos fitossanitários, pois influencia a atividade biológica e a eficiência de diferentes compostos devido a distribuição mais adequada das formulações sobre as superfícies foliares aumentando a absorção, translocação dos compostos aplicados, aumento da penetração dos compostos através da cutícula foliar e devido a destruição das camadas de cera presentes nas folhas (ADAPAR, 2015).

2.3. MISTURAS EM TANQUE

No linguajar fitossanitário existem dois tipos de mistura. A mistura em tanque é a adição de dois ou mais produtos comerciais no tanque do pulverizador antes da aplicação dos produtos fitossanitários. A mistura pronta é quando os produtos comerciais já contém a mistura de ingredientes ativos. Após discorrer sobre a perda da eficiência de fungicidas do grupo dos triazóis, aplicados isoladamente, a partir da safra de 2007/08 na Região Centro-Oeste e nas demais regiões a partir da safra 2008/09, a Comissão de Fitopatologia da Reunião de Pesquisa da Região Central do Brasil, passou a indicar somente a utilização de misturas comerciais de triazóis com estrobilurinas. A mistura em tanque não tem necessidade de registro, sendo unicamente uma prática agrícola de responsabilidade clara do agricultor (AENDA, 2015).

A mistura em tanque é definida como a associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da pulverização (Gazziero, 2015). Na agricultura moderna é comum o agricultor deparar-se com casos em que é necessário fazer o controle de pragas, doenças e plantas daninhas ao mesmo tempo. Para isso o produtor recorre à mistura de defensivos e em algumas situações são misturados inclusive adubos foliares com os defensivos (Reis et al., 2010a).

A mistura de dois ou mais produtos fitossanitários pode ocasionar diferentes efeitos. O aditivo ocorre quando o efeito da aplicação da mistura é semelhante ao dos produtos individualmente, ou seja, um produto não interfere na eficácia do outro. O efeito sinérgico acontece quando a mistura mostra-se superior a aplicação dos produtos individualmente e o por último o antagonico quando o efeito da mistura mostra-se inferior ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto piora a eficácia do outro (Queiroz et al., 2008).

Em comparação à aplicação de um produto isolado, as misturas podem apresentar vantagens devido ao aumento da eficiência contra os organismos alvo e a diminuição das quantidades aplicadas e dos custos. O uso de misturas tem sido relatada como vantajosa em relação à aplicação de um único produto devido à diminuição das quantidades aplicadas, sem redução da eficiência e com quantidades menores de resíduos no meio ambiente, aumento da eficiência contra organismos alvos, aumento da segurança para organismos não alvo e custos reduzidos para o material de aplicação (Castro, 2009). A mistura de três a cinco agroquímicos é uma estratégia utilizada pelos produtores e pela indústria (Mattos et al., 2002).

O controle químico através de aplicações conjuntas de inseticidas e fungicidas é a estratégia mais eficiente para controlar patógenos e insetos que causam perdas de produção. Normalmente o ataque de doenças e insetos-praga ocorre no mesmo período, sendo necessário que o produtor utilize inseticidas e fungicida em conjunto na mesma aplicação. Entretanto pesquisas sobre a mistura de produtos agrícolas são escassas no Brasil e isso traz insegurança aos agricultores (Arrué et al., 2011).

Questionados se a aplicação dos agrotóxicos nas propriedades é feita individualmente, ou com mais de um produto por aplicação, 97% dos entrevistados responderam que adotam as misturas em tanque. Com relação ao número de produtos que costumam ser misturados na mesma operação, observou-se que em 16,1% dos casos são aplicados apenas dois produtos, em 40,7% das vezes se utilizam três produtos, em 26,4% são usados quatro produtos, cinco produtos são misturados em 11,8% das aplicações e em 5% das respostas ocorre à mistura de seis ou mais produtos aplicados concomitantemente. As combinações mais frequentes envolvem inseticidas com fungicidas em 31% das misturas, inseticida com fungicida e herbicida em 16%, e 27% contemplam, além desses três produtos, mais adubos foliares (Gazziero, 2015).

Na tentativa de reduzir custos, observa-se que a mistura em tanque com inseticidas e fungicidas tem sido uma prática crescente. Interações físicas de maneira geral estão associadas aos ingredientes inertes contido nos produtos (formulação, solventes) e as interações químicas estão associadas às moléculas dos produtos fitossanitários. Porém, para que haja a interação desses produtos, primeiramente, esta se dá de maneira física, que são em sua maioria governadas pelas características físico-químicas (solubilidade, constante de ionização - pKa, coeficiente de partição octanol-água - Kow) dos defensivos, levando-os, por conseguinte, às interações químicas (Petter et al., 2013).

A incompatibilidade de misturas é indicada por qualquer alteração de cor, floculação, formação de grumos ou precipitados. Portanto, se a mistura mostrar-se incompatível, não se deve proceder ao uso de dois defensivos na mistura desejada (Reis et al., 2010a). A mistura de produtos fitossanitários em tanque pode resultar em diferentes separações de fase, como formação de flocos, precipitações e, ainda, pode ocorrer formações de incrustações no tanque, barras e pontas do pulverizador que dificultam a limpeza e funcionamento do equipamento (Petter et al., 2013). A incompatibilidade física é evidenciada pela floculação (formação de aglomerados) da suspensão, formação de grumos e alteração na viscosidade. Esse fenômeno também resulta em má cobertura da folhagem e, portanto, em controle deficiente (Reis et al., 2007).

Se houver registro no Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, os fungicidas com mecanismos de ação específico (FMAE) devem ser aplicados em mistura com fungicidas de mecanismo de ação múltiplo. A aplicação desses produtos em mistura irá diluir a pressão se seleção exercida nos FMAE e inibir o surgimento de biótipos resistentes (Zambolim et al., 2008).

A mistura em tanque é de responsabilidade do agricultor, diferente do que acontecia entre os anos de 1995 e 2002, onde o Ministério da Agricultura exigia registros para as misturas. Apesar de não se necessitar de registro, é imprescindível o conhecimento prévio de possíveis misturas em tanque com produtos de diferentes ingredientes ativos e formulações, a fim de evitar possíveis danos à cultura e baixa eficiência dos mesmos (Petter et al., 2013). As misturas em tanque são práticas usuais no campo e adotadas por 97% dos agricultores. Essas misturas variam de 2 a 5 produtos por aplicação (Gazziero, 2015).

A tabela 1 apresenta a estabilidade das misturas entre as diferentes classes de produtos fitossanitários.

Tabela 1. Estabilidade das misturas entre as diferentes classes de produtos fitossanitários.

Grau	Condição	Recomendação
1	Separação imediata	Não aplicar
2	Separação depois de 01 minuto	Não aplicar
3	Separação depois de 05 minutos	Agitação contínua
4	Separação depois de 10 minutos	Agitação contínua
5	Estabilidade perfeita	Sem restrições

Fonte: Centro Brasileiro de Bioaeronáutica (CBB).

2.4. INFLUÊNCIA DA ÁGUA NA PREPARAÇÃO DAS CALDAS

A água é um dissolvente universal para moléculas polarizadas e o veículo mais importante para diluir formulações de produtos fitossanitários aplicados através de pulverizações (Montório, 2005). A água utilizada como solvente na aplicação dos produtos possui características distintas, principalmente quanto à composição química. A presença e concentração de íons na água de pulverização podem interferir diretamente no desempenho dos produtos aplicados em pulverizações agrícolas (Silva et al., 2006).

A dureza da água é capaz de interferir negativamente na qualidade das caldas de pulverização, em função disso, adjuvantes são adicionados na formulação de diferentes produtos atuando no equilíbrio das cargas que envolvem o ingrediente ativo. A qualidade química da água está relacionada à quantidade de íons que a compõe. Íons como Fe^{+3} e Al^{+3} , por exemplo, podem reagir com o ingrediente ativo reduzindo sua eficácia. No entanto, tal interferência é influenciada pela tecnologia empregada na pulverização, não existindo uma concentração alta ou baixa fixa para tais íons. Para uma mesma concentração, quanto menor for o volume de água utilizado por área para a distribuição de uma mesma dose do produto, menor será a interferência destes sobre o princípio ativo (Queiroz et al., 2008). Águas duras diminuem a eficiência dos herbicidas ao reagirem com os surfatantes aniônicos (principalmente K^+ e Na^+), através de substituições químicas que geram precipitados e floculações (Sanhotene et al., 2007).

A concentração de cátions alcalinoterrosos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} e Ba^{+2}) presentes na água, expressa na forma de ppm de CaCO_3 , define a “dureza da água”. Os tensoativos são produtos presentes nas formulações dos produtos fitossanitários responsáveis pela emulsificação ou dispersão de um defensivo na calda. A dureza da água interfere no equilíbrio de cargas que envolvem o ingrediente ativo. Os tensoativos aniônicos que são geralmente sais orgânicos de Na^+ ou K^+ , reagem com os cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} presentes na água dura e formam compostos insolúveis, diminuindo assim a quantidade de tensoativos na solução e causando grande desequilíbrio de cargas, ocasionando a floculação ou precipitação dos compostos da formulação, podendo causar entupimento dos bicos e baixa eficiência na aplicação (Zambolim et al., 2008). O potencial hidrogeniônico (pH), sais e íons dissolvidos são fatores que devem ser considerados nos tratamentos fitossanitários pois interferem diretamente na qualidade química da água. As águas exerceram um forte poder tampão (capacidade de manter o pH em uma determinada faixa) após a adição dos agrotóxicos. (Prado et al., 2011). A tabela 2 explica as formas de classificação de dureza da água.

Tabela 2. Formas de classificação da dureza da água.

Classe	PPM de CaCO_3	Graus de Dureza ($^{\circ}\text{d}$)
Água muito Branda	< 71,2	< 4,0
Água branda	71,2-142,4	4,0 - 8,0
Água semidura	142,4 - 320,4	8,0 - 18,0
Água dura	320,4 - 534,0	18,0 - 30,0
Água muito dura	> 534,0	> 30,0

Fonte: Zambolim et al., 2008.

As propriedades físicas também interferem na qualidade da água no que se refere à quantidade sedimentos em suspensão. Sedimentos como argila e matéria orgânica, além de obstruírem filtros e pontas, reduzindo a capacidade operacional dos pulverizadores, reduzem a vida útil dos equipamentos (bombas, pontas e outros componentes do pulverizador), sendo que também podem se associar aos produtos químicos adicionados ao tanque, inativando-os ou reduzindo-os (Queiroz et al., 2008). A presença de impurezas e substâncias dissolvidas na água geralmente variam em função da fonte de coleta da água,

podendo ou não interferir na ação de produto fitossanitário, quando utilizada como diluente para o preparo da calda de pulverização (Andrade et al., 2013).

A água utilizada na diluição dos produtos fitossanitários pode interferir no resultado das aplicações, pois dependendo da origem a variação de componentes químicos e biológicos podem inativar o ingrediente ativo de determinado inseticida, fungicida, entre outros. Além do Fe^{+3} , a água pode conter outros minerais como Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , N^{+} , K^{+} e Zn^{+} que, ao reagirem com o (s) ingrediente (s) ativo (s) do produto, podem inativá-los provocando insucesso do controle (Alvarenga, 2004).

2.5. FORMULAÇÕES

Capazes de controlar uma determinada praga em concentrações extremamente baixas, os ingredientes ativos são substâncias químicas extremamente ativas, sendo necessários apenas alguns quilogramas ou menos por hectare para obter o efeito desejado. Dentro da formulação dos produtos fitossanitários, a concentração de ingrediente ativo geralmente se encontra na faixa de 10 a 800g/Kg ou g/l, podendo haver exceções. Na formulação de produtos fitossanitários são utilizadas várias substâncias biologicamente inertes, porém cada uma delas com uma função específica. Essas substâncias podem ser adjuvantes, anticompactantes, anticongelantes, antiespumantes, antioxidantes, bactericidas, corantes, dispersantes, emulsificantes, molhantes, solventes, tamponantes, entre outros. (Zambolim et al., 2008).

O efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das soluções aquosas mostrou-se dependente de sua composição química e formulação (Cunha e Alves, 2009). Grânulos dispersíveis em água (GD) são prontamente solúveis e se dispersam ou se desintegram rapidamente quando adicionados à água no tanque do pulverizador. Representam um melhoramento tecnológico aos pós-molháveis e imitam formulações líquidas quanto às características de manejo. Os fungicidas Amistar, Cabrio[®]Top, Equation[®] e Harpon[®] são exemplos de formulados com GD. Na elaboração da formulação suspensão concentrada (SC) o ponto de partida é o próprio pó molhável finamente dividido, que é suspenso em pequena quantidade de água e adjuvantes para manter a suspensão estável (Reis et al., 2010a).

A formulação grânulos dispersíveis em água (WG) consiste em grânulos a serem aplicados após a sua desintegração e dispersão em água e a formulação suspensão concentrada (SC) constitui-se de uma suspensão estável de ingrediente(s) ativo(s) em água, para aplicação após a diluição em água (Michereff Filho et al., 2009).

Os grânulos dispersíveis (WG) podem ser homogeneizados na calda com facilidade, apresentam maior estabilidade na calda que os pós molháveis e alta concentração de ingredientes ativos. A suspensão concentrada também apresenta fácil homogeneização da calda e maior estabilidade na calda que os pós molháveis (Zambolim et al., 2008). A mistura de produtos com a mesma formulação SC pode acarretar incompatibilidade, principalmente em função das altas concentrações de ativos nessas suspensões, uma vez que o solvente nessa formulação não penetra no soluto, apenas o mantém em suspensão (Petter et al., 2013). Na tabela 3 são apresentados os tipos de formulações existentes para diluição em água.

Tabela3. Tipos de formulações para diluição em água.

Suspensão de encapsulado (CS)	Suspensão estável de cápsula contendo o ingrediente ativo, num líquido, para aplicação após diluição em água.
Concentrado dispersível (DC)	Formulação homogênea líquida para aplicação como dispersão, após diluição em água.
Concentrado Emulsionável (EC)	Formulação líquida homogênea para aplicação após diluição em água, sob a forma de emulsão.
Emulsão de água em óleo (EO)	Formulação fluída, heterogênea, constituída por uma dispersão de finos glóbulos de uma solução aquosa em uma fase orgânica contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de emulsão.
Emulsão óleo em água (EW)	Formulação fluída, heterogênea, constituída por uma dispersão de finos glóbulos de uma solução aquosa em uma fase aquosa contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de emulsão.
Microemulsão de água em óleo (MEO)	Formulação fluída, heterogênea, constituída por uma dispersão translúcida termodinamicamente estável de finos glóbulos de uma solução aquosa em uma fase orgânica contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de microemulsão.
Microemulsão óleo em água (MEW)	Formulação fluída, heterogênea, constituída por uma dispersão translúcida termodinamicamente estável de finos glóbulos de uma solução aquosa em uma fase orgânica contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de microemulsão.
Suspensão concentrada (SC)	Formulação constituída por uma suspensão estável de ingrediente ativo num veículo líquido, que pode conter outro i.a. dissolvido, para aplicação após diluição em água.

Suspo/suspensão de encapsulado (SCS)	Formulação constituída por uma suspensão estável de ingrediente ativo na forma de partículas sólidas e de cápsulas num líquido, para aplicação após diluição em água.
Suspo/emulsão (SE)	Formulação fluída e heterogênea, constituída de uma dispersão estável de ingrediente ativo, na forma de partículas sólidas e de finos glóbulos, na fase contínua aquosa, para aplicação após diluição em água.
Granulado solúvel (SG)	Formulação sólida, constituída por grânulos, para aplicação após dissolução de ingrediente ativo em água, sob a forma de uma solução verdadeira, podendo, porém, conter ingredientes inertes insolúveis.
Concentrado Solúvel (SL)	Formulação líquida homogênea para aplicação após diluição em água sob a forma de uma solução verdadeira de ingrediente ativo.
Pó solúvel (SP)	Formulação sólida constituída de pó, para aplicação após dissolução de ingredientes ativos em água, sob a forma de uma solução verdadeira, podendo, porém, conter ingredientes inertes insolúveis.
Tablete (TB)	Formulação sólida que se apresenta sob a forma de tabletes, para aplicação após dissolução/dispersão em água.
Granulado Dispersível (WG)	Formulação sólida constituída de grânulos, para aplicação sob a forma de suspensão, após desintegração e dispersão em água.
Pó Molhável (WP)	Formulação sólida, na forma de pó, para aplicação sob a forma de suspensão, após dispersão em água.

Fonte: Zambolim et al., 2008.

Anteriormente chamada de *flowable*, a Suspensão concentrada (SC) trata-se de uma formulação líquida que é diluída em água. Essa formulação foi desenvolvida para solucionar os inconvenientes da formulação Pó molhável (PM) que geralmente são dificuldade de se medir a dose, necessidade de se preparar previamente uma pasta antes da diluição final, desgaste e entupimento de bicos pulverizadores e perigo de inalação do pó pelo aplicador durante o preparo da calda. As formulações Grânulos dispersíveis em água (GD) ou *dry flowables*, constituem um tipo relativamente novo de formulação e foram desenvolvidas em substituição às formulações tradicionais de pós molháveis e suspensão concentradas que não são tão seguras ao manuseio. Os GD apresentam excelente dispersão em água, boa resistência ao manuseio sem produzir pó (produzem pouco ou nada de pó, reduzindo, assim, os problemas de intoxicação), alto conteúdo de ingrediente ativo e boa estabilidade físico-química. Ao contrário dos líquidos, não se sedimentam durante o armazenamento. Comparadas com outras formulações as principais vantagens são maior segurança aos operários, não produzem pó, melhor dispersabilidade, alta concentração do i.a e embalagem

mais barato. Os fungicidas Amistar[®], Cabrio[®]Top, Equation[®] e Harpon[®] são exemplos de produtos formulados com GD (Reis et al., 2007).

2.6. ESPALHAMENTO DE GOTAS

A eficácia de um produto pode estar relacionada com o espalhamento, evaporação de gotas e a forma como esse produto é distribuído na superfície. Muitas vezes a eficácia de um pesticida está relacionada com o tempo de evaporação de gotas em uma superfície foliar e a sua área de propagação, que pode ser reduzida se as gotículas de ingredientes ativos não forem uniformemente espalhadas e permanecerem sobre a superfície das folhas, especialmente sobre as superfícies foliares de difícil molhamento (Xu et al., 2010).

Molhar refere-se quando as gotas se tornam menos esféricas, de forma que o ângulo de contato diminui à medida que a gotícula se achata na superfície foliar. Muitos surfatantes que fornecem umedecimento também permitem que a gota cubra uma superfície maior do que a gota de água sozinha e, por isso, apresentam propriedades de espalhamento (Azevedo, 2011).

A dificuldade de molhamento de muitas superfícies foliares e a reflexão de gotas são considerados sérios obstáculos na retenção destas e conseqüentemente na eficácia das pulverizações (Maciel et al, 2001). Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais apresentaram relação inversa, indicando que, quanto maior a tensão superficial, menor será a molhabilidade da superfície e, conseqüentemente, maior será o valor do ângulo de contato (Iost e Raetano 2010). A tensão superficial das gotas e sua interação com a superfície alvo influenciam não só a molhabilidade, mas também o processo de absorção, que é fundamental para a efetividade da aplicação (Cunha e Alves, 2009).

A molhabilidade da superfície foliar é um fator fundamental na eficiência do controle de plantas daninhas, pois interfere diretamente no processo de penetração dos herbicidas nas plantas. Para ocorrer penetração através da cutícula, a gota de pulverização deve ser retida pela superfície da planta. O uso de adjuvantes nas aplicações de herbicidas pode aumentar o espalhamento, a retenção e a penetração do ingrediente ativo pela superfície foliar, bem como reduzir o período mínimo sem chuva para que haja absorção do produto (Costa et al, 2005).

2.7. EVAPORAÇÃO DE GOTAS

A umidade relativa é definida como a relação entre a quantidade de vapor d'água existente numa amostra de ar úmido e a quantidade máxima que este ar poderia reter a determinada temperatura. A evaporação ocorre quando as moléculas de um líquido vencem a força de atração entre si e escapam de uma lâmina d'água passando à forma de vapor. Neste instante o ar está saturado de vapor d'água (Alvarenga et al., 2014).

No processo de aplicação agrícola a evaporação da água apresenta-se como um dos meios de perdas por deriva, pois a superfície específica do líquido é aumentada quando fragmentada em pequenas gotas, facilitando a volatilização durante sua trajetória rumo ao alvo (Queiroz et al., 2011). O processo de evaporação de gotas é um fenômeno que interfere diretamente na tomada de decisão do agricultor e/ou operador, pois as perdas por esse processo levam a elevação do volume de calda e ampliam os danos ambientais causados pelo emprego inadequado das técnicas de pulverização (Alvarenga et al., 2013).

Em geral, nos tratamentos utilizados para avaliar o tempo de evaporação de gotas, o espalhamento e a área de contato com e sem adjuvante, o tempo de evaporação diminuiu com o aumento da área molhada. No entanto, outros fatores como a taxa de absorção cuticular, taxa de absorção dos estômatos, umidade foliar, propriedades hidrofóbicas das superfícies cerosas, umidade relativa do ar e temperatura ambiente podem influenciar neste fenômeno (Xu et al., 2009).

A adição de surfatante nas caldas de pulverização reduziu o tempo de evaporação das gotas, devido ao maior espalhamento da gota, quando comparados à calda que continha somente o inseticida (Zhu et al., 2008). A evaporação de gotas depositadas em superfície de caldas contendo fungicidas e adjuvantes foi afetada pelo uso de adjuvantes, sendo o óleo mineral o adjuvante que proporcionou a menor sensibilidade às variações de umidade (Vilela e Antuniassi, 2013).

Determinando a evaporação e diferentes tamanhos de gota, variando entre 246 a 886 μm , Zhu et al., 2008 concluíram que o comportamento da evaporação de gotas nos diferentes tamanhos foi semelhante. Os resultados encontrados por esses autores serviram como referência na execução dessa pesquisa.

2.8. TENSÃO SUPERFICIAL

A força que existe na superfície dos líquidos é chamada de tensão superficial. Esta tensão se deve às fortes ligações intermoleculares, as quais dependem das diferenças elétricas entre as moléculas, e pode ser definida como a força por unidade de comprimento que duas camadas superficiais exercem uma sobre a outra (Silva et al, 2006).

Como resultado do desequilíbrio entre as forças agindo sobre as moléculas da superfície em relação àquelas que se encontram no interior da solução, surge a tensão superficial nos líquidos (Behring et al., 2004). A tensão superficial de um líquido é resultado das forças de coesão entre as moléculas da superfície. Essas moléculas não tendo outras moléculas em um dos seus lados apresentam forças de atração maiores com suas moléculas vizinhas, tendendo a minimizar a área superficial devido ao excesso de energia localizada (Queiroz et al., 2011).

Trabalhando com superfícies foliares de tiririca (*Cyperus rotundus L.*) os menores valores de tensão superficial obtidos com os óleos minerais e vegetais enquadram-se na faixa de tensão em que se obtém maior espalhamento de gotas para essa cultura. Assim, quanto menor o valor de tensão superficial obtido com soluções de óleos minerais e vegetais, maior será o espalhamento e isso será vantajoso quando se utiliza menor volume de calda (Mendonça et al., 2007).

Em soluções de glyphosate com surfatantes usados sobre folhas de tiririca, a redução da tensão superficial levou ao aumento da área de molhamento em folhas de *C. rotundus* (Mendonça et al., 1999). Em superfície natural e artificial, em solução aquosa, os surfatantes siliconados Silwet L-77[®] e Supersil[®], foram mais eficientes na redução da tensão superficial e proporcionaram maior molhamento (Iost e Raetano, 2010). Os adjuvantes Aterbane BR[®] e Silwet L-77[®] em mistura com o glyphosate reduziram a tensão superficial da gota de pulverização o que influenciou positivamente o aumento da área de molhamento nas superfícies foliares de todas as espécies de plantas daninhas aquáticas estudadas (Costa et al., 2005).

2.9. pH DAS CALDAS DE PULVERIZAÇÃO

Para se tomar conhecimento a respeito da presença de cátions livre, o pH é uma referência importante pois pode tornar ineficiente a calda química. Se o pH estiver acima de 6,0, ele é considerado alto e isso significa que a água tem alto poder hidrogeniônico, ou seja, existem cargas livres que podem reagir com o ingrediente ativo do produto, inativando-o. Existem vários produtos no mercado que podem reduzir o pH das caldas de pulverização mas é importante ressaltar que, á medida que esses produtos vão sendo acrescentados a água, deve-se medir o pH, pois calda muito ácida também é prejudicial (Alvarenga, 2004).

Diversos produtos químicos quando preparados com água sofrem degradação por hidrólise, cuja velocidade dependo do pH. A hidrólise é retardada quando a calda aplicada seca (evapora) na superfície tratada, pois a água desaparece. As superfícies das folhas têm um pH natural, havendo uma interação com o pH das caldas de pulverização. Após a aplicação do produto, diversos fatores interferem sobre o período de estabilidade do ingrediente ativo. Em geral, os produtos são formulados para tolerar algumas variabilidades no pH das caldas. Valores extremos, todavia, podem afetar a estabilidade física das caldas. A correção que se busca é no rebaixamento do pH, o que pode ser conseguido com a adição de um ácido fraco ou diluído, ou sais com poder tampão, que em pouco tempo voltam a afetar o pH (Azevedo 2001 apud Moura Filho, 2006).

A ação de um ingrediente ativo pode sofrer interferência do pH de uma água pois a alta concentração de íons H^+ ou OH^- pode reagir com o ingrediente ativo e com isso diminuir a concentração de ativo na calda de pulverização. O pH ideal para preparação de caldas de produtos fitossanitários de uma forma geral deve ser levemente ácido, na faixa de 4,5 a 7,0. Recomenda-se verificar antes da formulação das caldas, o pH ideal para cada produto fitossanitário e o pH da água que se pretende utilizar. Se for necessário, realizar a correção do pH. Pequenas quantidades de ácido clorídrico, fosfórico ou cítrico podem ser utilizadas caso seja necessário reduzir o pH da solução (Zambolim et al., 2008). O potencial hidrogeniônico (pH), sais e íons dissolvidos são fatores que devem ser considerados nos tratamentos fitossanitários, pois interferem diretamente na qualidade química da água (Prado et al., 2011).

Visando o aumento da eficiência de mistura, a utilização de redutores de pH tem sido uma prática comum nas pulverizações agrícolas, sendo mais comumente utilizados produtos de natureza ácida, tais como ácido fosfórico e ácido bórico (Petter et al., 2013). A

taxa de hidrólise é retardada em pH mais baixo, e isso acaba mantendo a folha úmida por maior tempo, pois a superfície das folhas tem um pH neutro, havendo interação com o pH da calda (Queiroz et al., 2008). Na mistura de imazethapyr + imazapic, foi constatado que os tratamentos com água de pH 4,5 proporcionaram maior eficiência no controle do arroz-vermelho do que com águas alcalinas (Sanchotene et al., 2007).

Em mistura de diferentes classes de produtos fitossanitários, a utilização de redutores de pH pode potencializar o efeito dessas combinações, seja pela redução de incompatibilidade ou pela estabilidade química das moléculas, principalmente para produtos que requerem pH em torno de 3 a 5, evitando a hidrólise das mesmas (Petter et al, 2013).

Com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0, alguns herbicidas têm sua eficiência elevada. Além disso, em pH mais baixo, a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por maior tempo, pois a superfície das folhas tem um pH neutro, havendo uma interação com o pH da calda (Cunha e Alves, 2009).

A absorção de nutrientes pela planta, sofre variações ligadas ao pH da solução. Esse processo depende não só do nutriente em si como do íon acompanhante. A ureia, fósforo, potássio, e cálcio são melhores absorvidos em pH baixo. Como cada nutriente tem um determinado comportamento dentro das faixas de pH, no caso de aplicação de misturas de nutrientes, é praticamente impossível otimizar a absorção de todos os elementos (Rosolem, 2002).

2.10. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

O movimento dos produtos fitossanitários no ambiente envolve processos contínuos de perdas bastante complexos. Em condições inadequadas de ambiente e horário de aplicação, muitas vezes o ingrediente ativo das caldas de pulverização se perde. A alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar têm importante efeito sobre a pulverização de produtos fitossanitários, causando evaporação mais rápida das gotas (Balan et al., 2008). Quando a pulverização de produtos fitossanitários sobre uma área alvo não é realizada dentro das condições meteorológicas ideais para tal, é inevitável que uma maior parte dela seja perdida para o ambiente por deriva (Madureira et al., 2015). As pulverizações realizadas em condições críticas de déficit de pressão de vapor d'água no ar, caso necessário, devem ser executadas com bastante critério, devido ao fenômeno da evaporação das gotas. (Alvarenga et al., 2014).

A temperatura da calda também pode influenciar as propriedades físico-químicas e, conseqüentemente, o processo de pulverização (Cunha et al., 2010b). Temperaturas acima de 30°C, combinadas com umidade relativa do ar menor que 40%, apresentam influência direta sobre a evaporação das gotas pulverizadas, principalmente em caso de gotas finas (Alvarenga et al., 2014). As forças de atração (eletroestáticas) entre moléculas vizinhas na superfície de um líquido diminuem com o aumento da temperatura da água e, com isso ocorre a redução da tensão superficial (Queiroz et al., 2011).

Quando comparadas com a temperatura, as restrições impostas pela umidade relativa do ar são mais acentuadas, pois devem evidenciar tanto o potencial de evaporação quanto a perda por escorrimento na superfície da folha, diminuindo a eficiência de aplicação (Santos et al., 2013). As altas temperaturas aumentam a concentração dos solutos aplicados, pois favorecem a absorção e a evaporação da solução na superfície foliar e conseqüentemente favorece a penetração de maior quantidade de íons no apoplasto (Rodrigues, 2003).

Embora não tenha sido feita a comparação entre as médias, observou-se que o cultivo do tomateiro em ambiente protegido proporcionou maiores produtividades que o cultivo no campo para os três genótipos avaliados. Neste ambiente, valores adequados de umidade relativa do ar aliados a temperaturas mais elevadas, provavelmente estimularam e aceleraram a velocidade das reações bioquímicas da planta, a absorção, translocação e disponibilização dos nutrientes essenciais ao crescimento, desenvolvimento e produção de frutos. A menor luminosidade neste ambiente provavelmente é compensada pela maior área foliar da planta (maior interceptação de luz), conseqüência da elevada umidade relativa do ar (Caliman et al., 2005).

3. ARTIGO 01: ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS EM FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR

3.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste experimento avaliou-se espalhamento e tempo de evaporação de gotas em folhas de tomate sob condições ambientais controladas. O trabalho foi realizado no “Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos e Máquinas Agrícolas” – NITEC, na cidade de Bandeirantes-PR. A escolha dos produtos utilizados foi baseada nas formulações que são frequentemente utilizadas pelos produtores de tomate nas estufas da região do município de Bandeirantes-PR. As amostras de folhas usadas na pesquisa foram retiradas de ramos “ladrões” coletados semanalmente das estufas de um produtor, e posteriormente foram colocados em vasos contendo substrato e mantidos em estufa.

3.1.1. Tratamentos

Foram utilizados dois fungicidas (Cabrio[®]Top e Kumulus[®]DF), dois inseticidas (Nomolt[®]150 e Pirate[®]) e três adubos foliares (CalSuper[®], BoroSuper[®] e FoliFósforo[®]), nas doses recomendadas pelo fabricante. A caracterização dos produtos utilizados no experimento está relacionada na Tabela 1 e os tratamentos propriamente ditos na Tabela 2.

Tabela 1. Produtos utilizados no experimento.

Produto	Classe Funcional	Formulação	Dose
Cabrio [®] top	Fungicida	GD	2,000 g L ⁻¹
Kumulus [®] DF	Fungicida	GD	2,000 g L ⁻¹
Nomolt [®] 150	Inseticida	SC	0,250 ml L ⁻¹
Pirate [®]	Inseticida	SC	0,250 ml L ⁻¹
CalSuper [®]	Adubo foliar	SH	25,000 ml L ⁻¹
BoroSuper [®]	Adubo foliar	SV	3,500 ml L ⁻¹
FoliFósforo [®]	Adubo foliar	SH	7,500 ml L ⁻¹

*GD: Grânulo dispersível; SC: Suspensão concentrada; SH: Suspensão homogênea; SV: Solução verdadeira.

Tabela 2. Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Componentes Principais (ativos)	Modo de Ação
Cabrio [®] top	Metiram + Piraclostrobina	C+S
Kumulus [®] DF	Enxofre	C
Nomolt [®] 150	Teflubenzurom	C
Pirate [®]	Clorfenapir	C
Mistura*	-	-

*Mistura: Cabrio[®]Top + Kumulus[®]DF + Nomolt[®]150 + Pirate[®] + CalSuper + BoroSuper + FoliFósforo. S: Sistêmico; C: Contato.

O tratamento descrito como mistura constituiu-se da mistura dos fungicidas, Cabrio[®]Top e Kumulus[®]DF, os inseticidas Nomolt[®]150 e Pirate[®] e dos três adubos foliares, BoroSuper[®], CalSuper[®] e FoliFósforo[®]. O volume de calda utilizado foi equivalente a 100 L ha⁻¹, por ser uma dose frequentemente usada nas grandes culturas e facilitar a comparação com outros autores e as doses dos produtos, de acordo com a recomendação dos fabricantes. As caldas foram preparadas com água destilada, momentos antes de serem utilizadas e foram condicionadas em balões volumétricos de 1 litro. Para melhorar a estabilidade, as caldas foram deixadas por 30 minutos antes de serem usadas dentro da câmara de espalhamento de evaporação de gotas.

Figura 1. Preparo da calda mistura e produtos utilizados.

Fonte: Carolina Marques de Campli

O delineamento usado no ensaio foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, contendo duas caldas com fungicidas : (Cabrio[®]Top, 2 g L⁻¹), (Kumulus[®]DF 2 g L⁻¹), duas caldas com inseticidas: (Nomolt[®]150, 0,250 ml L⁻¹) (Pirate[®], 0,250 ml L⁻¹) e a mistura (Cabrio[®]Top, 2 g L⁻¹, Kumulus[®]DF 2 g L⁻¹, Nomolt[®]150, 0,250 ml L⁻¹, Pirate[®], 0,250 ml L⁻¹ + 3 adubos foliares (BoroSuper[®] 3,5 ml L⁻¹, CalSuper[®] 25 ml L⁻¹ e FoliFósforo[®] 7,5 ml L⁻¹)), em duas condições ambientais, 25 °C e 75% UR e 31 °C e 35% UR, totalizando 10 tratamentos, com 5 repetições (5 folhas diferentes).

3.1.2. Avaliação do espalhamento e tempo de evaporação de gotas

Para avaliar a espalhamento e a evaporação de gotas em superfície foi desenvolvido um sistema capaz de simular diferentes condições ambientais encontradas a campo. O sistema consiste de uma unidade de controle da temperatura ($\pm 1,5^\circ$ C) e umidade relativa ($\pm 3\%$), um gerador de gotas que gera gotas de tamanho semelhante as utilizadas em pulverizações agrícolas a campo (200 - 1000 μ m) e um estereoscópio equipado com uma câmera de alta definição para captura de imagens sequenciais.

A unidade de controle das condições climáticas é constituída por um umidificador, um desumidificador para controle da umidade relativa e por um equipamento de ar condicionado, um aquecedor e lâmpadas para o controle da temperatura. O sistema de controle é composto por sensores de temperatura e umidade com capacidade de medição com precisão e automatizado por um controlador lógico programável (CLP), permitindo controle de precisão, sensibilidade e reprodutibilidade da temperatura e umidade do ar.

O gerador de gotas possui um regulador de quantidade de líquido para controlar os tamanhos de gotas baseado num modelo de tempo, pressão do ar do fluido dispensado e vácuo (Model Ultimius V, EFD Inc., East Providence, RI). Um sistema de solenóide de alta velocidade que proporciona um controle para a produção de gotas de tamanho constante. O tempo de distribuição varia de 0,0001-1000 s e a pressão do ar de 0 a 35 kPa.

O tamanho das gotas utilizadas no experimento foi de 1000 μ m, e a padronização e estabilidade do tamanho das gotas foi verificada por meio da deposição das

mesmas em fios de teia de aranha que permite visualizar e manter a gota na forma esférica para a medição de seu diâmetro, conforme metodologia proposta por Corrêa e Maziero 1980. As gotas utilizadas nessa pesquisa são consideradas extremamente grossas de acordo com a Norma ASAE S-572 e BCPC. Gotas desse tamanho são recomendadas para evitar o deslocamento da calda de produtos fitossanitários para fora do alvo desejado (deriva). Determinando a evaporação e diferentes tamanhos de gota, variando entre 246 a 886 μm , Zhu et al., 2008 concluíram que o comportamento da evaporação de gotas nos diferentes tamanhos foi semelhante. Os resultados encontrados por esses autores serviram como referência na execução dessa pesquisa.

As gotas foram produzidas sob diferentes configurações do gerador para cada calda, com o objetivo de obter gotas com o mesmo padrão de tamanho (μm) (Figura 2).



Fonte: Carolina Marques de Campli

Figura 2. Gotas em teia de aranha.

O estereoscópio apresenta interface com uma câmera digital de alta definição e um software de captura, análise e processamento das imagens. O tempo de evaporação das gotas em superfície foi determinado, em segundos, através da observação por uma câmera perpendicular em relação ao alvo. O tempo de evaporação foi determinado através do intervalo entre a deposição da gota na superfície foliar até a sua extinção. Os momentos iniciais e finais da evaporação foram registrados pelas imagens capturadas durante a evaporação. O sistema experimental utilizado está representado na figura 3.

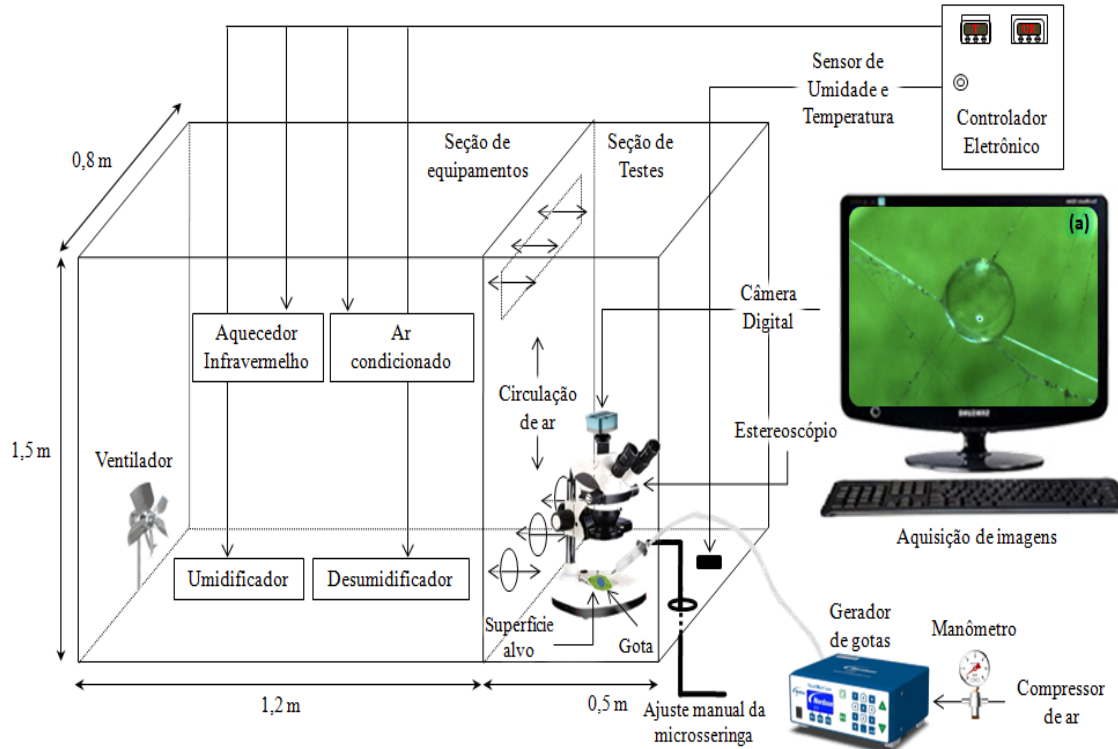


Figura 3. Sistema experimental com controle de temperatura, umidade relativa do ar, tamanho de gotas para análises por imagens de gotas sobre superfícies naturais e artificiais (Oliveira et al., 2013).

O tempo de evaporação foi calculado pela contabilização do número de fotos multiplicado pelo intervalo de tempo entre fotos, conforme metodologia desenvolvida por Zhu et al., 2008. A gota foi depositada sobre a superfície e visualizada por um estereoscópio com zoom de 1,0 x e ampliações na faixa de 10x por meio de combinação de objetivas e oculares especiais (Bel Engineering®). O espalhamento de gotas foi mensurado, em mm², delimitando as bordas das gotas, referentes ao máximo espalhamento de cada repetição, usando a função polígono do software IS capture 2.2.1 (SCIENON TECHNOLOGY CO. LTD). O programa foi calibrado por uma régua de 0,01 μm .

Nesta pesquisa o controlador lógico programável (CLP), foi programado para simular duas condições ambientais, com 31°C de temperatura e 35% de umidade relativa do ar e com 25°C de temperatura e 75% de umidade. O controle da temperatura permite uma variação de no máximo ($\pm 3^\circ \text{C}$) e a umidade relativa de ($\pm 5\%$).

3.1.3. Análises da tensão superficial das caldas

Para a realização da tensão superficial foi utilizada uma balança de precisão em gramas com cinco casas decimais, óleo de soja, copos de Becker, balões volumétricos (1000 mL), bureta de 50 mL e cronômetro. Estimou-se a tensão superficial de todos os tratamentos quantificando-se o peso não acumulativo de 5 gotas formadas na extremidade da bureta, num tempo de 15 a 30 segundos entre gotas. No início dos procedimentos, utilizou-se uma bureta calibrada somente com peso da água destilada.

Para evitar possíveis perdas por evaporação foi utilizado um copo descartável com uma camada de óleo no seu interior e colocado sobre a balança. A bureta foi utilizada para formar a tensão superficial das gotas em sua extremidade. Para que não houvesse interferência no caminhar das gotas durante o percurso de queda, em todos os tratamentos foi padronizada a altura de 05 cm da superfície do óleo. A calibração da bureta foi realizada com auxílio de um cronômetro, onde foi acompanhado o tempo inicial de formação da gota até a queda total pela ponta da mesma. As tensões das caldas foram feitas quando a temperatura apresentou valores menores que 25°C e cada tratamento foi submetido a quatro repetições. A figura 4 apresenta uma das etapas da análise da tensão superficial de uma calda específica.



Figura 4. Formação de gotas na extremidade da bureta.

3.1.4. Análises do pH das caldas

O pH das caldas foi medido imediatamente após a elaboração das mesmas com o uso de um peagâmetro digital da marca Digimed[®] (DM-22). A calibração foi feita de acordo com as recomendações do fabricante e as caldas foram medidas em temperatura ambiente de 25 °C (figura 5).



Fonte: Carolina Marques de Campli

Figura 5. Peagâmetro.

3.1.5. Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$) e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene. Foi aplicada a análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos comparados por Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias a 95% ($IC_{95\%}$).

3.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância estão descritos na Tabela 3. Os fatores, produto fitossanitário e condição ambiental, isolados e em interação, influenciaram de maneiras diferentes as variáveis espalhamento e tempo de evaporação de gotas (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância dos fatores avaliados e o efeito no espalhamento e no tempo de evaporação de gotas.

	Espalhamento (mm ²)			Tempo de evaporação (s)		
	SQ	QM	F	SQ	QM	F
P.F	1,45	0,36	2,95*	10339128,00	2584782,00	443,10*
C.A	1,20	1,20	9,80*	15162423,00	15162423,00	2599,23*
P.F X C.A	0,26	0,06	0,54	9326249,00	23311562,00	399,69*
Resíduo	4,90	0,12		233338,00	5833,00	
C.V			27,90			4,33
M. Geral			1,25			1764,00

*Significativo a 5% de probabilidade. P.F: Produto Fitossanitário; C.A: Condição Ambiental; CV (%): coeficiente de variação; M. Geral: Média geral.

3.2.1 Espalhamento de gotas

Os fatores isolados, produto fitossanitário e condição ambiental, influenciaram significativamente o espalhamento de gotas, porém, a interação desses fatores não teve efeito para essa variável, ou seja, os produtos fitossanitários e as condições climáticas mostraram-se independentes. Assim, para a variável espalhamento de gotas, esses fatores serão discutidos separadamente (figura 6).

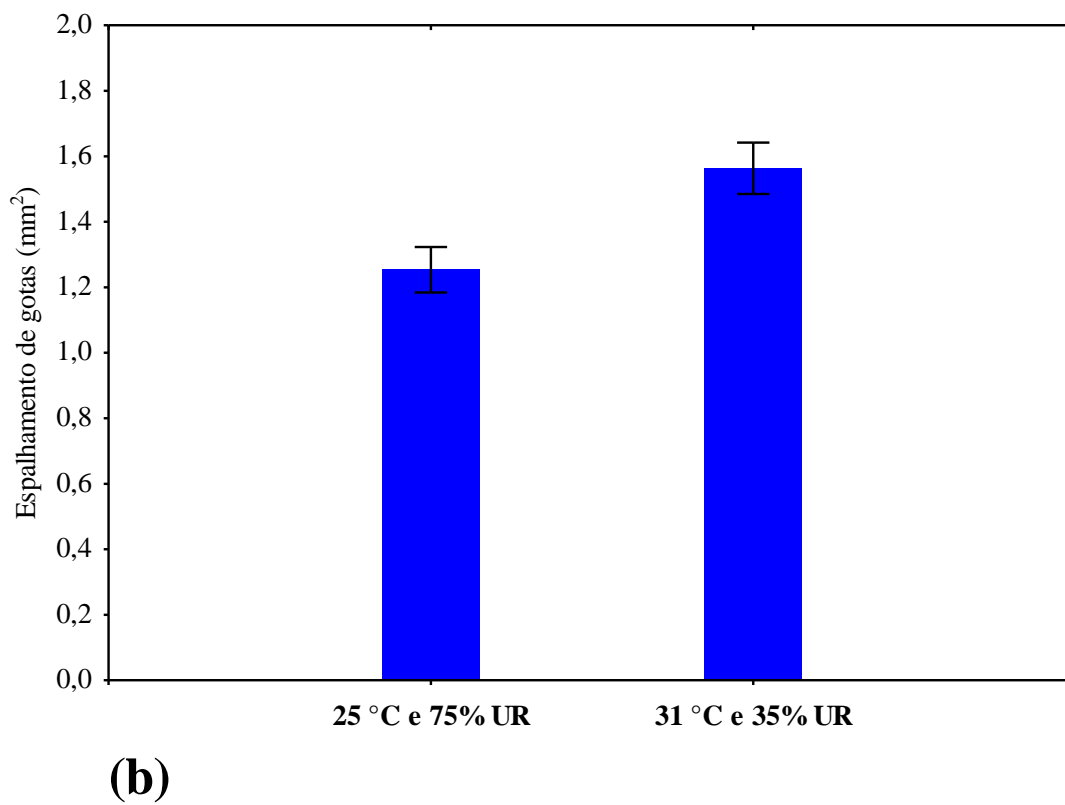
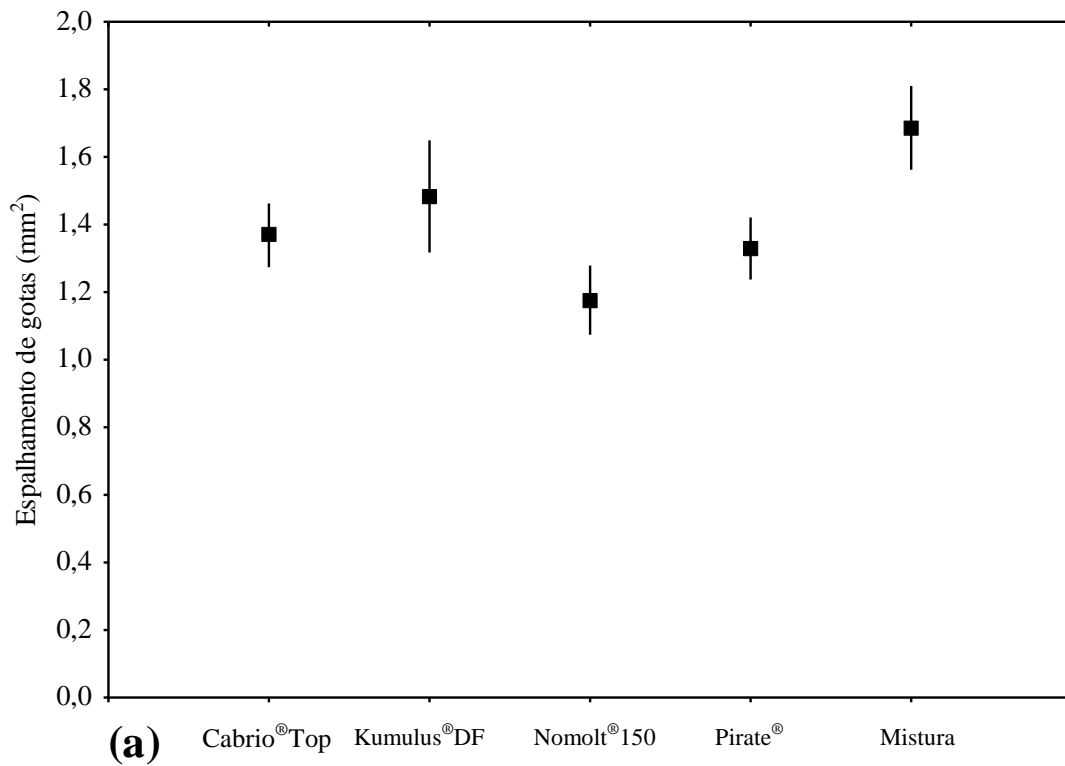


Figura 6. Espalhamento de gotas provenientes de caldas com produtos isolados e em mistura (a) e espalhamento nas condições climáticas estudadas (b).

De acordo com a Figura 6 o espalhamento de gotas foi influenciado de diferentes formas pelos produtos e condições ambientais. O tratamento mistura apresentou a maior espalhamento de gotas, sendo estatisticamente equivalente ao fungicida Kumulus[®]DF, e superior aos demais, Cabrio[®]Top, Nomolt[®]150 e Pirate[®] (Figura 6a). O aumento do espalhamento observado na calda mistura tem grande importância na aplicação desses produtos, pois está relacionada com a penetração e distribuição dos produtos fitossanitários que influencia diretamente no controle de agentes de danos.

Quanto maior o espalhamento, melhor a distribuição do produto fitossanitário na superfície foliar e, portanto, melhor cobertura. Muitas vezes a eficácia de um produto fitossanitário está relacionada com a sua área de propagação e tempo de evaporação de gotas em uma superfície foliar, que pode ser reduzida se as gotículas de ingredientes ativos não forem uniformemente espalhadas e permanecerem sobre a superfície das folhas, especialmente sobre as superfícies foliares de difícil molhamento (Xu et al., 2010). A dificuldade de molhamento de muitas superfícies foliares e a reflexão de gotas são considerados sérios obstáculos na retenção de gotas e conseqüentemente na eficácia das pulverizações (Maciel et al, 2001).

Quanto ao modo de ação dos produtos fitossanitários, o espalhamento de gotas (cobertura) é ainda mais importante para os produtos de contato como o caso do Kumulus[®]DF, Nomolt[®]150 e o Pirate[®] utilizados nessa pesquisa. Esses produtos por não serem absorvidos e, portanto não translocados na planta, só atuam onde forem distribuídos pelo processo de pulverização.

Os produtos de contato permanecem na superfície foliar e estabelecem uma película química e a área de molhamento de gotas aumenta a chance de contato com as pragas, insetos ou microrganismos patogênicos. Os fungicidas de contato caracterizam-se por formar uma película protetora na superfície da planta, que impede a penetração do patógeno (Töfoli et al., 2012). Produtos com ação de contato geralmente necessitam de maior cobertura do alvo que os sistêmicos, por isso precisam de maior volume de calda (Gazziero, 2015). O desempenho dos produtos fitossanitários é altamente influenciado pela uniformidade da deposição da calda de pulverização, sobretudo quando se consideram os produtos de ação de contato, que exigem maior área de cobertura do alvo (Costa et al., 2008).

Algumas moléculas de produtos de contato têm alguma possibilidade de serem novamente solubilizadas e assim redistribuídas quando ocorre a formação do filme

d'água a partir da umidade relativa do ar, o que reforça mais uma vez a importância da cobertura. Os produtos de contato só garantem a proteção no local em que foram depositados ou redistribuídos e por isso exigem aplicações periódicas e cobertura total na parte aérea da planta. São produtos que, por permanecerem na superfície foliar, estão mais sujeitos à ação negativa das chuvas e da água de irrigação (Töfoli et al., 2013). O fungicida protetor chlororalonil, utilizado para o controle de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, a sigatoka-negra da bananeira, foi encontrado mesmo em partes da folha onde não havia sido depositado, em quantidades suficientes para controlar a germinação de esporos, atribuindo-se à umidade (orvalho) uma ação de redistribuição do produto (Washington et al., 1998).

A distribuição dos produtos na folha também tem grande influência sobre a aplicação dos adubos foliares, como o CalSuper[®], BoroSuper[®] e FoliFósforo[®] utilizados na calda mistura, pois esses produtos geralmente são fornecidos em altas concentrações para garantir a absorção pela folha. Normalmente são fornecidas concentrações relativamente altas de nutrientes na adubação foliar, sendo que o veículo aquoso se evapora em um curto espaço de tempo. Desta forma, a absorção dos produtos pela folha ocorre a partir de soluções muito concentradas (Rosolem, 2002).

O espalhamento de gotas aumentou para todas as caldas com o aumento da temperatura e com o decréscimo da umidade relativa do ar (Figura 6b). A temperatura no momento da aplicação influencia o espalhamento de gotas de pulverização que está diretamente relacionado com a tensão superficial das caldas. A tensão superficial é resultado das forças de coesão entre as moléculas da superfície de um líquido e com o aumento da temperatura da água, as forças de atração (eletrostáticas) entre moléculas vizinhas na superfície de um líquido diminuem e, conseqüentemente, reduz a tensão superficial (Queiroz et al., 2011). Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais apresentaram relação inversa, indicando que, quanto maior a tensão superficial, menor será a molhabilidade da superfície e, conseqüentemente, maior será o valor do ângulo de contato (Iost e Raetano 2010).

A calda constituída pela mistura, que apresentou espalhamento superior à maioria dos produtos fitossanitários, também foi a que apresentou menor valor de tensão superficial (Figura 7).

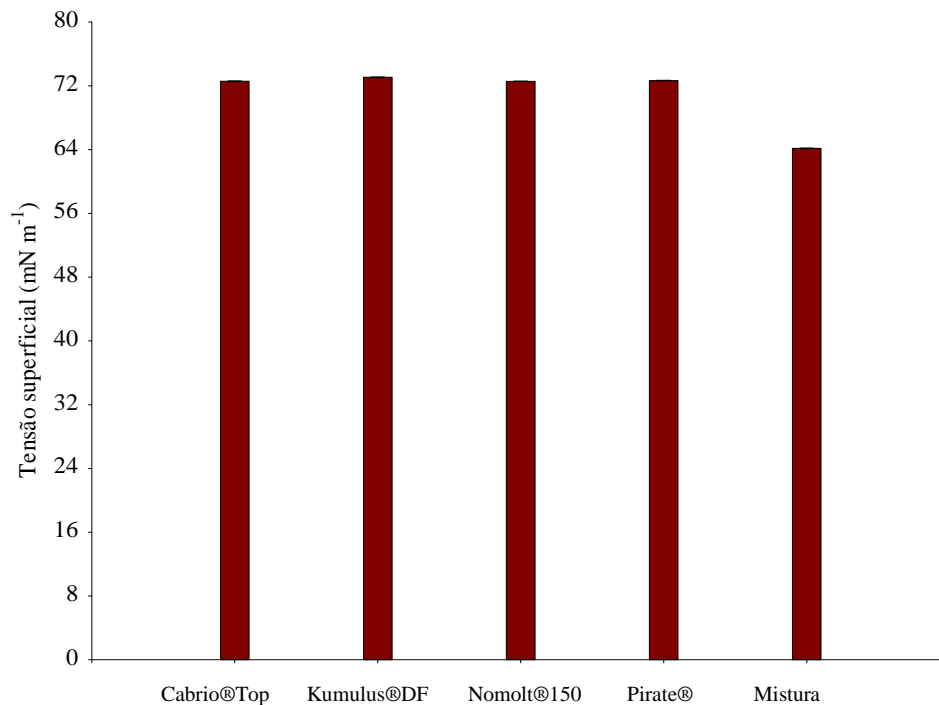


Figura 7. Tensão superficial (mNm⁻¹) das caldas.

Os resultados encontrados para espalhamento de gotas estão diretamente relacionados com os dados de tensão superficial. Analisando o efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas de uso agrícola, foi possível observar que para ester metílico de óleo de soja e óleo mineral, a redução da temperatura levou ao aumento da tensão superficial (Cunha et al., 2010b). Em superfícies foliares de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) os menores valores de tensão superficial obtidos com os óleos minerais e vegetais enquadram-se na faixa de tensão em que se obtém maior espalhamento de gotas para essa cultura. Assim, quanto menor o valor de tensão superficial obtido com soluções de óleos minerais e vegetais, maior será o espalhamento e isso será vantajoso quando se utiliza menor volume de calda (Mendonça et al., 2007). Em soluções de glyphosate com surfatantes usadas sobre folhas de tiririca, a redução da tensão superficial levou a um aumento da área de molhamento em folhas de *C. rotundus* (Mendonça et al., 1999). Em superfícies natural e artificial, em solução aquosa, os surfatantes siliconados Silwet L-77[®] e Supersil[®], foram mais

eficientes na redução da tensão superficial e proporcionaram maior molhamento (Iost e Raetano, 2010). Os adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 em mistura com o glyphosate reduziram a tensão superficial da gota de pulverização o que influenciou positivamente o aumento da área de molhamento nas superfícies foliares de todas as espécies de plantas daninhas aquáticas estudadas (Costa et al., 2005).

Assim, para a variável espalhamento de gotas, a mistura de tanque de sete produtos fitossanitários feita comumente pelos produtores de tomate da região de Bandeirantes-PR, mostrou-se estatisticamente superior a maioria dos produtos usados isoladamente. Além disso, do ponto de vista de cobertura, representada pelo espalhamento de gotas, a mistura de tanque melhorou o desempenho do fungicida Cabrio[®]Top e dos inseticidas Nomolt[®]150 e Pirate[®]. O uso de misturas tem sido relatada como vantajosa em relação à aplicação de um único produto devido a diminuição das quantidades aplicadas sem redução da eficiência e com quantidades menores de resíduos no meio ambiente, aumento da eficiência contra organismos alvos e da segurança para organismos não alvo e custos reduzidos para o material de aplicação (Castro, 2009). Em comparação à aplicação de um produto isolado, as misturas podem apresentar vantagens devido ao aumento da eficiência contra os organismos alvo e a diminuição das quantidades aplicadas e dos custos (Gazziero, 2015).

3.2.2. Tempo de evaporação de gotas depositadas em superfície

Para a variável tempo de evaporação de gotas, os dados dos fatores isolados e em interação apresentaram significância, portanto, o tempo de evaporação de gotas de pulverização, depositadas em superfície, foi dependente da condição de ambiente e do produto utilizado, por isso serão analisados em conjunto (Tabela 3).

O tempo de evaporação de gotas estimado nessa pesquisa tem grande importância no cotidiano dos produtores, pois tem forte influência na atuação dos produtos fitossanitários na planta. O tempo de evaporação de gotas é uma preocupação frequente dos produtores, pois envolve múltiplos processos de perdas, o que acaba interferindo na penetração dos produtos fitossanitários. A absorção e a translocação do ingrediente ativo são influenciadas pelo tempo de evaporação de gotas (Xu et al., 2011).

Na figura 8 o tempo de evaporação de gotas diminuiu com o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar para todas as caldas. Na condição

considerada não recomendada (31°C e 35% UR), os dados relacionados a tempo de evaporação de gotas em todas as caldas apresentaram menor amplitude quando comparados com a outra condição. Os resultados encontrados nessa condição de ambiente coincidem com resultados encontrados por outros pesquisadores. Temperaturas acima de 30°C combinadas com umidade relativa do ar menor que 40%, apresentam influência direta sobre a evaporação das gotas pulverizadas, principalmente no caso de gotas finas (Alvarenga et al., 2014). A alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar têm importante efeito sobre a pulverização de produtos fitossanitários, causando evaporação mais rápida das gotas (Balan et al., 2008).



Figura 8. Tempo de evaporação de gotas em função de diferentes caldas e das condições climáticas.

Na temperatura de 25°C e UR de 75% o inseticida Nomolt®150 apresentou o maior tempo de evaporação de gotas e a mistura o menor. Na condição 31°C e 35% de UR,

o tempo de evaporação de gotas do fungicida Cabrio®Top foi o maior e o da mistura o menor. Portanto, a mistura dos produtos proporcionou redução do tempo de evaporação de gotas para as duas condições de ambiente testadas.

No dia-a-dia do campo uma das grandes preocupações dos produtores após a aplicação de produtos fitossanitários, mesmo tomando todas as precauções cabíveis, é a ocorrência de chuvas, pois pode ocorrer a lavagem desses produtos. Dentro da estufa a preocupação com esse fenômeno desaparece, portanto, o tempo que esses produtos demoram pra evaporar não gera tantas preocupações.

No geral, embora parte desses produtos seja prontamente absorvido, o processo final de absorção é lento e ele não termina quando o produto seca da superfície foliar. A absorção foliar apresenta duas fases bem distintas, uma fase passiva que pode ser completada em poucos minutos e que ocorre sem gasto de energia (difusão) e uma fase ativa que geralmente ocorre depois de algumas horas onde o nutriente penetra no simplasto e se movimenta com gasto de energia (Malavolta et al., 1997). Analisando a velocidade de absorção de um fungicida triazol em folíolos de soja, observou-se que a absorção do fungicida flutriafol pelos folíolos da soja pode ser considerada um processo rápido e que a ocorrência de chuva de até 10 mm, 20 minutos após a aplicação dos fungicidas, não prejudica o controle (Reis et al., 2010b). Verificando a taxa de absorção de fungicidas na cultura de soja, observou-se que mesmo quando ocorreu chuva imediatamente após a aplicação dos produtos (0'), as parcelas pulverizadas diferiram da testemunha, sinalizando dessa forma que parte do ingrediente ativo aplicado é prontamente absorvido pelos tecido da planta logo após o contato com os mesmos (Lenz, 2010).

Como esse tempo de absorção é lento, nenhum produto permanece na forma de solução na superfície foliar durante todo esse processo. Mesmo quando a superfície foliar parece estar seca, o processo de absorção prossegue durante consideráveis períodos de tempo, provavelmente devido á película de umidade formadas à custa da água transpirada, que poderão ser mais importantes para o processo, do que a água da própria solução aplicada (Rodrigues, 2003). Cheminova 2003, apud Azevedo 2011 constatou que a taxa de absorção do flutriafol foi de 9% uma hora após a aplicação do produto. Na mesma linha de pesquisa, Gentz et al. 2003, trabalhando com a radioatividade (C^{14}), avaliaram a absorção de azostrobin em cebola, batata e feijão. Esses autores observaram nos melhores tratamentos, absorção de 42% para a cultura da cebola, após 96 horas após a aplicação. Para batata e feijão

a absorção foi de 28,8 e 50,3%, 48h após a aplicação com o fungicida. Conforme Kimati (2011), o veículo líquido evapora após a deposição das gotas, deixando as partículas do produtos sobre a superfície. Alguns produtos com ação protetora melhoram seu desempenho com alguma capacidade de redistribuição na superfície foliar devido à formação do filme d'água advindo da umidade relativa do ar, da chuva e do orvalho. O período residual dos fungicidas protetores mancozebe e clorotalonil após a pulverização em folhas de tomate, variam de 7-10 dias para mancozebe e de 10-14 dias para clorotalonil. No entanto, a partir dos 7-10 dias as quantidades de depósito já são praticamente insignificantes, tendo que serem reaplicados semanalmente.

Como nos demais produtos, a absorção dos adubos foliares também não é um processo rápido e o tempo de 7-8 minutos encontrados na calda mistura parece ser suficiente para ocorrer à primeira etapa do processo de absorção. No caso dos adubos foliares, analisando a penetração de um adubo foliar na cultura do tomate, Rodriguez et al. 1998, demonstraram por técnica de coloração, cortes em micrótomo e observação em microscopia de luz e fluorescência, que a coloração se deu em trinta minutos na cutícula dos tricomas e poros estomáticos, sessenta minutos no interior das células epidérmicas e entre as células paliçádicas, duas horas coloração dos núcleos das células do mesófilo e alguns vasos do xilema e quatro horas após a aplicação do fertilizante foliar todos os tecidos mostraram coloração, desaparecendo e diminuindo das células dos tecidos paliçádicos e da epiderme, respectivamente após seis horas. Ou seja, a absorção estendeu-se por pelo menos quatro horas de forma intensiva.

Como base nesses relatos é possível observar que não há muito consenso sobre o tempo de absorção dos produtos aplicados na superfície foliar. No entanto a maioria dos relatos demonstra que esse tempo vai além dos 30 minutos iniciais, após a deposição das gotas. Nesta pesquisa o tempo de evaporação de gotas variou de aproximadamente oito minutos, para a calda mistura nas duas condições de ambiente, a 50 minutos, para o Nomolt[®]150 na melhor condição de ambiente. No caso do Cabrio[®]Top, único produto com molécula mesosistêmica (piraclostrobina), o tempo variou de 10 a 25 minutos, nas respectivas condições de ambiente.

Na estufa também, as condições de ambiente favorecem a rápida evaporação e absorção dos produtos fitossanitários, o que pode contribuir de forma positiva com a aplicação desses produtos. A absorção e a evaporação de solução na superfície foliar são

favorecidas por temperaturas altas, pois, aumenta a concentração de solutos aplicados, o que acaba favorecendo a penetração de maior quantidade de íons no apoplasto. Temperaturas baixas e alta umidade relativa do ar podem concentrar o orvalho e formar neblina, mantendo as folhas molhadas, favorecendo a lavagem das folhas (Rodrigues, 2003).

Como já foi dito anteriormente, a absorção dos produtos não acaba no momento em que a gota de pulverização seca. Portanto, reduzir tempo de evaporação de gotas, como ocorreu na calda mistura nas duas condições de ambiente, pode melhorar a qualidade da aplicação de produtos fitossanitários, dependendo da condição de ambiente no momento da aplicação. A velocidade de secamento da solução aplicada é influenciada pela temperatura e pela umidade relativa do ar. Quando essas duas variáveis combinam-se, diminuindo o gradiente na pressão de vapor na dita superfície, pode-se esperar mais absorção. A penetração foliar é favorecida pela boa disponibilidade de água no solo, pois dessa forma as células ficam turgidas e com boa hidratação na cutícula. A absorção foliar é prejudicada pela baixa umidade relativa do ar, pois favorece a evaporação rápida da solução, diminuindo o tempo de contato desta com a superfície das folhas e aumentando a concentração dos solutos a níveis tóxicos. Além disso, pode levar ao favorecimento da transpiração, o que causa murchamento e diminuição da permeabilidade da cutícula aos nutrientes (Rodrigues, 2003).

A mistura que apresentou o maior espalhamento de gotas em relação as caldas com Cabrio[®]Top, Nomolt[®]150 e Pirate[®] foi também a que apresentou os menores valores para a tempo de evaporação de gotas nas duas condições ambientais estudadas. Na condição de ambiente considerada recomendada para aplicação de produtos fitossanitários (25 °C e 75%UR), a calda com Nomolt[®]150 que teve a menor espalhamento de gotas em relação a mistura foi também a que apresentou o maior tempo de evaporação de gotas, ou seja, o tempo de evaporação de gotas é inversamente proporcional ao espalhamento. Esse fato é explicável pelo aumento da área máxima de espalhamento de gotas, o que aumenta a superfície de contato e deixa a gota mais exposta a trocas gasosas com a atmosfera. A redução da tensão superficial, também contribui com o aumento do espalhamento de gotas, e por isso também está relacionada com o processo de evaporação. O espalhamento de gotas resulta no aumento da cobertura das gotas sobre o alvo, e com isso ocorre um aumento na exposição das gotas á evaporação (Vilela, 2012).

Na condição recomendada, nas caldas formuladas com produtos isolados, todas apresentaram diferença significativa para tempo de evaporação de gotas e com exceção

do Kumulus[®]DF, os demais produtos seguiram a relação maior espalhamento, menor tempo de evaporação de gotas. Na outra condição de ambiente (31°C e 35% UR), todas as caldas apresentaram tempos de evaporação semelhantes e equivalentes, sendo aproximadamente 8-10 minutos. Ou seja, em condições menos favoráveis de ambiente os produtos apresentam comportamento mais uniforme para esta variável. A mistura de produtos foi a única calda que apresentou comportamento semelhante nas duas condições de ambiente.

Outros autores também encontraram relação entre espalhamento e tempo de evaporação de gotas. Avaliando o espalhamento e a área de contato de diferentes produtos com e sem adjuvantes em superfícies cerosas, Xu et al., 2009 concluíram que no geral, o tempo de evaporação de gotas diminuiu com o aumento da área molhada. Na avaliação da evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície, concluiu-se que tempo de evaporação e espalhamento de gotas correlacionaram-se de forma negativa (Vilela, 2012).

Quanto aos fungicidas sistêmicos, Reis et al, (2010b), trabalhando com o fungicida flutriafol em soja e o conceito de concentração inibitória do produto, constataram que a absorção desse produto foi significativa até os 20 minutos após a aplicação. A partir desse tempo, os tratamentos que sofreram lavagem de produto por chuva, apresentaram o mesmo nível de controle do oídio, que foi o indicador biológico do tratamento testemunha sem a lavagem de chuva. O fungicida flutriafol é um triazol considerado referência em termos de sistemicidade/tempo de absorção, pois ele possui um coeficiente de partição baixo, $\log K_{ow}$: 2,9, o que mostra que a sua absorção é rápida (Cheminova, 2015). Santos et al (2002), também avaliando o efeito da chuva sobre a eficiência dos fungicidas sistêmicos cyproconazole e tetraconazole sobre a ferrugem do cafeeiro, sob condições de 65% UR e temperatura de 22°C, registraram equivalente nível de controle com chuva aos 30, 60 e 120 minutos após a aplicação dos produtos, o que implica em absorção significativa até os 30 minutos da aplicação dos fungicidas. Ambos fungicidas são referência em absorção e translocação rápida, pois apresentam coeficiente de partição inferior a 3,2 conforme citado por Azevedo (2007).

Outros autores também avaliaram a absorção dos produtos com o fenômeno da chuva, o que contribuiu de forma significativa para o entendimento e consolidação dos dados encontrados nessa pesquisa para tempo de evaporação de gotas. Lenz (2010), avaliando o efeito da chuva após a aplicação de fungicidas em soja no controle da ferrugem asiática,

tendo a área abaixo da curva de progresso da doença como indicador, registrou curva de absorção maior que 60 minutos e menor que 120 minutos para azostrobin e azostrobin + cyproconazole. Para cyproconazole isolado, a curva de absorção foi de mais de 120 minutos. Ainda segundo o mesmo autor, essas moléculas são variadas vezes referenciadas como apresentando alta velocidade de absorção e translocação quando comparadas a outros dentro dos respectivos grupos químicos, estrobirulinas e triazois no mesmo pato sistema soja-ferrugem asiática.

O tempo de evaporação de gotas encontrado nessa pesquisa foi relativamente extenso quando comparado com outros autores. Vilela (2012) trabalhando com o mesmo padrão de gotas em lâminas de vidro, observou um tempo de evaporação de gotas de aproximadamente cinco minutos para o fungicida utilizado, sob temperatura de 22-23°C e UR de 45%. Xu et al (2009), também observaram em *Syringa reticulata*, tempo de evaporação de aproximadamente cinco minutos, trabalhando com água sem surfatante sob ambiente de 25°C de temperatura e 60% UR. Maior tempo de evaporação foi registrado por Zhu et al., 2008, de oito minutos e meio (511 segundos) em folhas de maçã sob máximas condições restritivas a evaporação de gotas grandes (886 µm), com alta UR (90%) e temperatura amena (22°C) e usando adjuvante antievaporante.

Conforme a cinética de absorção e desabsorção proposta por Schreiber e Schönherr (1992), apud Lallana et al (2006), o equilíbrio entre a solução depositada, as ceras superficiais e a cutícula se estabelece em aproximadamente 30 minutos. Após esse tempo a quantidade de solutos nesses compartimentos não aumenta muito. A absorção após esse tempo representa a penetração para o interior das células das folhas. A absorção de substâncias a partir da superfície foliar das plantas é um processo bastante complexo. Vários fatores impactam a absorção, desde a conformação da cutícula, sua morfologia e composição química, as características dos produtos como coeficiente de partição (Lallana et al., 2006), além das condições gerais de ambiente.

De acordo com Rodrigues 2003, a absorção é continuada por um período de tempo considerável, mesmo quando a solução aplicada na superfície parece estar seca. Esse processo continua graças a umidade cuticular formada à custa da água transpirada, podendo esta ser mais importante para o processo de absorção que a pulverizada. Outros fatores são relacionados pelo mesmo autor como tensão de oxigênio, dependente do manejo do solo para

aeração, disponibilidade de água no solo, mantendo boa turgidez celular e boa hidratação da cutícula.

Portanto, a evaporação mais rápida das gotas proporcionada pela mistura em tanque, tão usada pelos produtores (Gazziero, 2015), além de ter melhorado significativamente a cobertura, não parece ter impactado negativamente a absorção dos produtos sistêmicos. Pelo menos no que diz respeito aos aspectos físicos, cobertura e evaporação de gotas depositadas, avaliadas nesta pesquisa, a mistura não foi prejudicial. Vale ressaltar que estes resultados foram observados para uma mistura específica, embora muito utilizada pelos produtores de tomate em estufa da região, sendo, portanto, difícil prever o comportamento de misturas e até imprudente generalizar resultados.

3.2.3. pH das caldas

O Cabrio[®]Top foi o produto isolado que apresentou o menor valor de pH e o Kumulus[®]DF o maior. Com exceção do Kumulus[®]DF a mistura aumentou o pH das caldas para valores próximos de 6,0. A calda mistura ficou dentro da faixa de pH aceitável para a aplicação da maioria dos produtos fitossanitários utilizados a campo (Figura 9). O pH ideal para preparação de caldas de produtos fitossanitários de uma forma geral deve ser levemente ácido, na faixa de 4,5 a 7,0. Recomenda-se verificar antes da formulação das caldas, o pH ideal para cada produto fitossanitário e o pH da água que se pretende utilizar. Se for necessário, realizar a correção do pH, pequenas quantidades de ácido clorídrico, fosfórico ou cítrico podem ser utilizadas caso seja necessário reduzir o pH da solução (Zambolim et al., 2008).

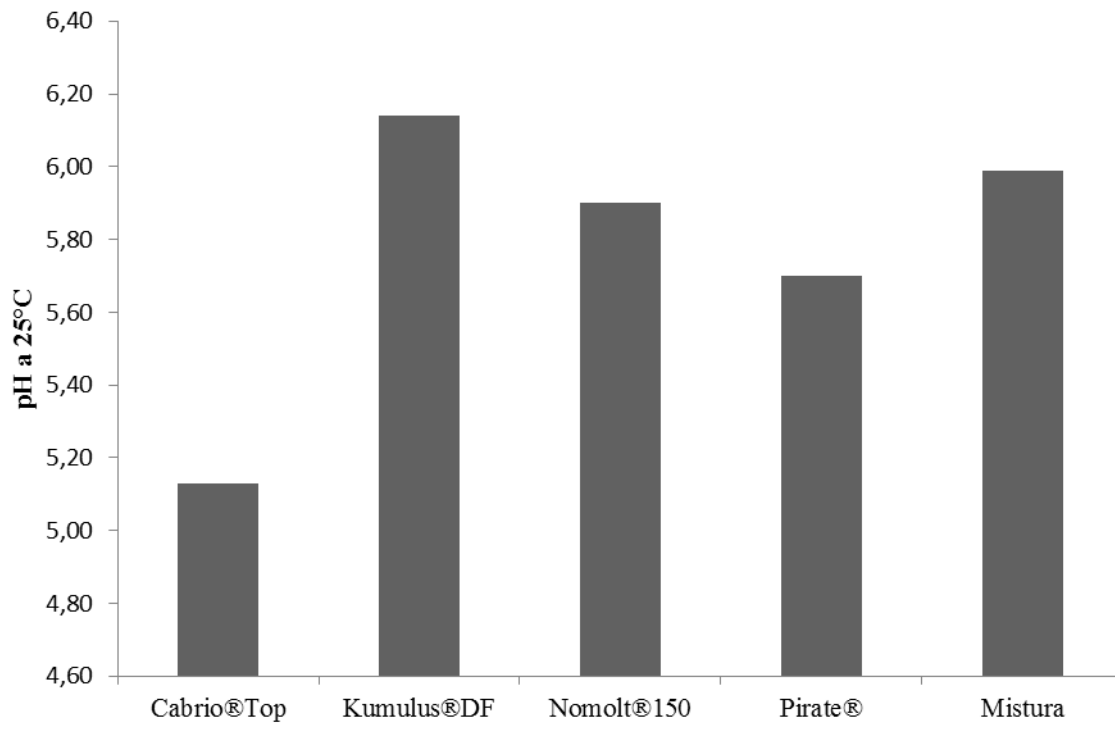


Figura 9. pH das caldas a 25°C.

3.3. CONCLUSÃO

A combinação produto fitossanitário e condição ambiental influencia o espalhamento de gotas. A mistura de produtos, utilizada nesse trabalho, proporciona uma melhora significativa no espalhamento de gota na superfície foliar.

O aumento da temperatura e a redução da umidade relativa do ar, condições frequentes dentro de estufas de produção, aumentam o espalhamento de gotas.

Temperatura alta e baixa umidade relativa do ar diminui tempo de evaporação de gotas.

Para a mistura testada, dentro das duas condições de ambiente estudadas, o tempo de evaporação de gotas diminui devido ao aumento do espalhamento de gotas.

4. ARTIGO 02: ESPALHAMENTO E TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE GOTAS PULVERIZADAS COM ADJUVANTES EM FOLHAS DE TOMATEIRO SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR

4.1. MATERIAIS E MÉTODOS

No experimento avaliou-se espalhamento e tempo de evaporação de gotas em folhas de tomate sob condições ambientais controladas. O trabalho foi realizado no “Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos e Máquinas Agrícolas” – NITEC, na cidade de Bandeirantes-PR. A escolha dos produtos utilizados foi baseada nas formulações que são frequentemente utilizadas pelos produtores de tomate nas estufas da região do município de Bandeirantes-PR. As amostras de folhas usadas na pesquisa foram retiradas de ramos “ladrões” coletados semanalmente das estufas de um produtor, e posteriormente foram colocados em vasos contendo substrato e mantidos em estufa.

4.1.1. Tratamentos

Foram utilizados dois fungicidas (Cabrio[®]Top e Kumulus[®]DF), dois inseticidas (Nomolt[®]150 e Pirate[®]), três adubos foliares (CalSuper[®], BoroSuper[®] e FoliFósforo[®]) e dois adjuvantes (Li700[®] e Nimbus[®]). As caldas foram feitas com os produtos isolados e com a adição dos adjuvantes. O tratamento descrito como mistura constituiu-se da mistura dos fungicidas, Cabrio[®]Top e Kumulus[®]DF, os inseticidas Nomolt[®]150 e Pirate[®] e dos três adubos foliares, CalSuper[®], BoroSuper[®] e FoliFósforo[®]. O volume de calda utilizado foi equivalente a 100 L ha⁻¹ e as doses dos produtos, de acordo com a recomendação dos fabricantes.

As caldas foram preparadas com água destilada, momentos antes de serem utilizadas e foram condicionadas em balões volumétricos de 1 litro. Para melhorar a estabilidade, as caldas foram deixadas por 30 minutos antes de serem usadas dentro da câmara

de espalhamento de evaporação de gotas. A composição dos tratamentos e os produtos utilizados no desenvolvimento da pesquisa estão descritos nas Tabelas 4 e 5 respectivamente.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

TRATAMENTOS	PRODUTOS	COMPONENTES PRINCIPAIS (ATIVOS)
1	Cabrio [®] Top	Metiram + Piraclostrobina
2	Kumulus [®] DF	Enxofre
3	Nomolt [®] 150	Teflubenzurom
4	Pirate [®]	Clorfenapir
5	Cabrio [®] Top + Nimbus [®]	Metiram + Piraclostrobina + Óleo mineral
6	Cabrio [®] Top + Li700 [®]	Metiram + Piraclostrobina + Lecitina + Ácido propiônico
7	Kumulus [®] DF + Nimbus [®]	Enxofre + Óleo mineral
8	Kumulus [®] DF + Li700 [®]	Enxofre + Lecitina + Ácido propiônico
9	Nomolt [®] 150 + Nimbus [®]	Teflubenzurom + Óleo mineral
10	Nomolt [®] 150 + Li700 [®]	Teflubenzurom + Lecitina + Ácido propiônico
11	Pirate [®] + Nimbus [®]	Clorfenapir + Óleo mineral
12	Pirate [®] + Li700 [®]	Clorfenapir + Lecitina + Ácido propiônico
13	Mistura	-
14	Mistura + Nimbus [®]	- Óleo mineral
15	Mistura + Li700 [®]	- Lecitina + Ácido propiônico

*Mistura: Cabrio[®]Top (Metiram + Piraclostrobina) + Kumulus[®]DF (Enxofre) + Nomolt[®]150 (Teflubenzurom) + Pirate[®] (Clorfenapir) + CalSuper[®] + BoroSuper[®] + FoliFósforo[®].

Tabela 5. Produtos utilizados no experimento.

Produto	Classe Funcional	Formulação	Dose
Cabrio [®] top	Fungicida	GD	2,000 g L ⁻¹
Kumulus [®] DF	Fungicida	GD	2,000 g L ⁻¹
Nomolt [®] 150	Inseticida	SC	0,250 ml L ⁻¹
Pirate [®]	Inseticida	SC	0,250 ml L ⁻¹
Li 700 [®]	Adjuvante	CE	1,500 ml L ⁻¹
Nimbus [®]	Adjuvante	CE	5,000 ml L ⁻¹
CalSuper [®]	Adubo foliar	SH	25,000 ml L ⁻¹
BoroSuper [®]	Adubo foliar	SV	3,500 ml L ⁻¹
FoliFósforo [®]	Adubo foliar	SH	7,500 ml L ⁻¹

*GD: Grânulo dispersível, SC: Suspensão concentrada, CE: Concentrado emulsionável, SH: Suspensão Homogênea, SV: Suspensão.



Fonte: Carolina Marques de Campli.

Figura 10. Preparo da calda mistura com Li700 e produtos utilizados.

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 3 x 2, contendo duas caldas com fungicidas : (Cabrio[®]Top, 2,0 g L⁻¹) (Kumulus[®]DF 2,0 g L⁻¹), duas caldas com inseticidas: (Nomolt[®]150,

0,250 ml L⁻¹) (Pirate[®], 0,250 ml L⁻¹) e a mistura (Cabrio[®]Top, 2 g L⁻¹ + Kumulus[®]DF, 2 g L⁻¹ + Nomolt[®]150, 0,250 ml L⁻¹ + Pirate[®], 0,250 ml L⁻¹ + 3 adubos foliares (BoroSuper[®], 3,5 ml L⁻¹, CalSuper[®], 25,0 ml L⁻¹ e FoliFósforo[®], 7,5 ml L⁻¹)), em duas condições de ambiente, 25 °C e 75% UR e 31 °C e 35% UR, e tratamentos sem adjuvantes e com os adjuvantes Nimbus[®] (5,0 ml L⁻¹) e Li700[®] (1,5 ml L⁻¹), totalizando 30 tratamentos, com 5 repetições (5 folhas diferentes).

4.1.2. Espalhamento e tempo de evaporação de gotas

Para avaliar o espalhamento e a evaporação de gotas em superfície foi criado um sistema capaz de simular diferentes condições ambientais encontradas a campo. O sistema consiste de uma unidade de controle da temperatura ($\pm 1,5^\circ \text{C}$) e umidade relativa ($\pm 3\%$), um gerador de gotas que gera gotas de tamanho semelhante as utilizadas em pulverizações agrícolas a campo (200 - 1000 μm) e um estereoscópio equipado com uma câmera de alta definição para captura de imagens sequenciais.

A unidade de controle das condições climáticas é constituída por um umidificador, um desumidificador para controle da umidade relativa e por um ar condicionado, um aquecedor e lâmpadas para o controle da temperatura. O sistema de controle é composto por sensores de temperatura e umidade com capacidade de medição com precisão e automatizado por um controlador lógico programável (CLP) permitindo um controle de precisão, sensibilidade e reprodutibilidade da temperatura e umidade do ar.

O gerador de gotas possui um regulador de quantidade de líquido para controlar os tamanhos de gotas baseado num modelo de tempo, pressão do ar do fluido dispensado e vácuo (Model Ultimius V, EFD Inc., East Providence, RI). Um sistema de solenóide de alta velocidade proporciona um controle para a produção de gotas de tamanho constante. O tempo de distribuição varia de 0,0001-1000 s e a pressão do ar de 0 a 35 kPa.

O tamanho das gotas utilizadas no experimento foi de 1000 μm e a padronização e estabilidade do tamanho das gotas foi verificada por meio da deposição das mesmas em fios de teia de aranha que permite visualizar e manter a gota na forma esférica para a medição de seu diâmetro, conforme metodologia proposta por Corrêa e Maziero 1980. As gotas utilizadas nessa pesquisa são consideradas extremamente grossas de acordo com a

Norma ASAE S-572 e BCPC. Gotas desse tamanho são recomendadas para evitar o deslocamento da calda de produtos fitossanitários para fora do alvo desejado (deriva). Determinando a evaporação e diferentes tamanhos de gota, variando entre 246 a 886 μm , Zhu et al., 2008 concluíram que o comportamento da evaporação de gotas nos diferentes tamanhos foi semelhante. Os resultados encontrados por esses autores serviram como referência na execução dessa pesquisa.

As gotas foram produzidas sob diferentes configurações do gerador para cada calda, com o objetivo de obter gotas com o mesmo padrão de tamanho (μm) (Figura 11).



Fonte: Carolina Marques de Campli

Figura 11. Gotas em teia de aranha.

O estereoscópio apresenta interface com uma câmera digital de alta definição e um software de captura, análise e processamento das imagens. O tempo de evaporação das gotas em superfície foi determinado, em segundos, através da observação por uma câmera perpendicular em relação ao alvo. O tempo de evaporação foi determinado através do intervalo entre a deposição da gota na superfície foliar até a sua extinção. Os momentos iniciais e finais da evaporação foram registrados pelas imagens capturadas durante a evaporação. O sistema experimental utilizado está representado na figura 12.

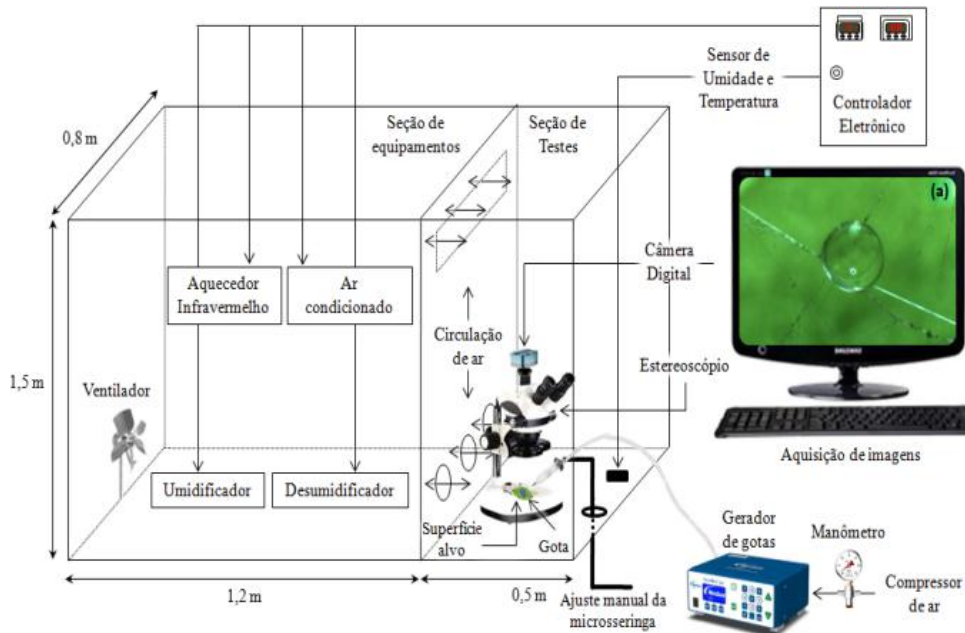


Figura 12. Sistema experimental com controle de temperatura, umidade relativa do ar, tamanho de gotas para análises por imagens de gotas sobre superfícies naturais e artificiais (Oliveira et al., 2013).

O tempo de evaporação foi calculado pela contabilização do número de fotos multiplicado pelo intervalo de tempo entre fotos, conforme metodologia desenvolvida por Zhu et al. (2008). A gota foi depositada sobre a superfície e visualizada por um estereoscópio com zoom de 1,0 x e ampliações na faixa de 10x por meio de combinação de objetivas e oculares especiais (Bel Engineering®). O espalhamento foi mensurado, em mm², delimitando as bordas das gotas, referentes ao máximo espalhamento de cada repetição, usando a função polígono do software IS capture 2.2.1 (SCIENON TECHNOLOGY CO. LTD). O programa foi calibrado por uma régua de 0,01 µm.

Nesta pesquisa o controlador lógico programável (CLP), foi programado para simular duas condições ambientais, com 31°C de temperatura e 35% UR e com 25°C de temperatura e 75% UR. O controle da temperatura permite uma variação de no máximo ($\pm 3^\circ$ C) e a umidade relativa de ($\pm 5\%$).

4.1.3. Análises da tensão superficial das caldas

Para a realização da tensão superficial foi utilizada uma balança de precisão em gramas com cinco casas decimais, óleo de soja, copos de Becker, balões volumétricos (1000 mL), bureta de 50 mL e cronômetro. Estimou-se a tensão superficial de todos os tratamentos quantificando-se o peso não acumulativo de 05 gotas formadas na extremidade da bureta, num tempo de 15 a 30 segundos entre gotas. No início dos procedimentos, utilizou-se uma bureta calibrada somente com peso da água destilada.

Para evitar possíveis perdas por evaporação foi utilizado um copo descartável com uma camada de óleo no seu interior e colocado sobre a balança. A bureta foi utilizada para formar a tensão superficial das gotas em sua extremidade. Para que não houvesse interferência no caminhamento das gotas durante o percurso de queda, em todos os tratamentos foi padronizado a altura de 05 cm da superfície do óleo.

A calibração da bureta foi realizada com auxílio de um cronômetro, onde foi acompanhado o tempo inicial de formação da gota até a queda total pela ponta da mesma. As tensões das caldas foram feitas quando a temperatura apresentou valores menores que 25 °C e cada tratamento foi submetido a quatro repetições. . A figura 4 apresenta uma das etapas da análise da tensão superficial de uma calda específica.



Figura 13. Formação de gotas na extremidade da bureta.

4.1.4. Análises do pH das caldas

O pH das caldas foi medido imediatamente após a elaboração das mesmas com o uso de um peagômetro digital da marca Digimed[®]. A calibração foi feita de acordo com as recomendações do fabricante e as caldas foram medidas em temperatura ambiente de 25 °C (figura 14).



Fonte: Carolina Marques de Campli

Figura 14. Peagômetro.

4.1.5. Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$) e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene. Foi aplicada a análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos comparados por Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias a 95% ($IC_{95\%}$).

4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção do fator isolado condição ambiental para a variável espalhamento de gotas, os demais fatores isolados e em interação apresentaram valores significativos para área de molhamento e tempo de evaporação de gotas, demonstrando a dependência desses fatores e por isso serão analisados em conjunto (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância dos fatores avaliados e o efeito no espalhamento e no tempo de evaporação de gotas.

	Espalhamento (mm ²)			Tempo de evaporação (s)		
	SQ	QM	F	SQ	QM	F
P.F	15,83	3,96	12,38*	4088941,00	1022235,00	214,09*
Adjuvante	73,47	36,74	114,87*	10560698,00	5280349,00	1105,86*
C.A	0,25	0,25	0,78	16182619,00	16182619,00	3389,12*
P.F X Adjuvante	32,73	4,09	12,79*	9877184,00	1234648,00	258,57*
P.F X C.A	16,39	4,10	12,81*	1197544,00	299386,00	62,70*
Adjuvante X C.A	7,03	3,51	10,99*	3545470,00	1772735,00	371,26*
P.F X Adjuvante X C.A	27,41	3,43	10,71*	10024209,00	1253026,00	262,42*
Resíduo	37,74	0,32		563435,00		
C.V	24,00			8,19		
M. Geral	2,35			843,91		

*Significativo a 5% de probabilidade. P.F: Produto Fitossanitário; C.A: Condição Ambiental; CV (%): coeficiente de variação; M. Geral: Média geral.

4.2.1. Espalhamento de gotas

Os fatores isolados produtos fitossanitários e adjuvantes e as interações, produtos fitossanitário, condições ambientais e presença de adjuvante influenciaram de diferentes formas o espalhamento de gotas. O óleo mineral (Nimbus®) aumentou o espalhamento para a maioria dos produtos nas duas condições de ambiente quando comparado com as caldas sem adjuvante. Nas caldas Nomolt®150, na condição de 31°C e 35% UR e Mistura, na condição de 25°C e 75% UR a adição desse adjuvante foi equivalente às caldas sem adjuvante. Com exceção da calda Pirate® na condição de 25°C e 75% UR, e da calda mistura na outra condição de ambiente o adjuvante Li 700® aumentou o espalhamento de gotas para as demais caldas testadas (Figura 15).

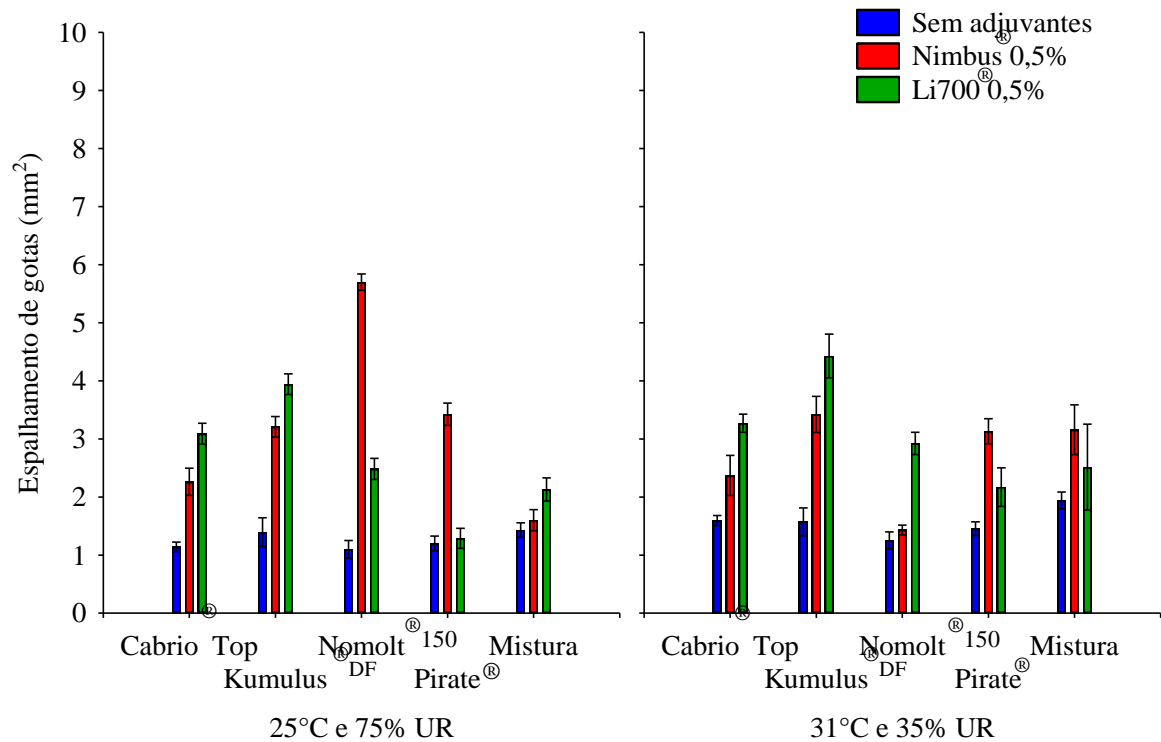


Figura 15. Espalhamento de gotas em diferentes caldas na ausência e na presença de adjuvantes com variação de temperatura e umidade relativa do ar.

Esses dados mostram que a ação dos adjuvantes depende do produto ao qual ele é adicionado. Xu et al., (2010), analisando o efeito de adjuvantes no tempo de evaporação e área de molhamento em diferentes superfícies cerosas, constataram que o grau de aumento da área de molhamento de gotas variou em relação a classe de adjuvantes e a espécie testada. O óleo de semente modificada (MSO) e o tensoativo não-iônico (NIS), obtiveram a maior média de área de molhamento por volume em relação aos demais adjuvantes testados. Também é possível observar que para a calda mistura a expressão dos adjuvantes foi melhor na condição de ambiente não recomendada (31 °C e 35% UR) (Figura 15).

O aumento no espalhamento de gotas, como foi observado na maioria das caldas pelos adjuvantes Nimbus[®] e Li700[®], é uma característica desejável, pois melhora a qualidade da aplicação. A molhabilidade da superfície foliar é considerada um dos fatores de maior importância no processo de penetração dos produtos fitossanitários na planta, sendo fundamental no aumento da eficiência no controle de agentes de danos. O uso de adjuvantes nas caldas de pulverização pode melhorar o espalhamento a retenção e a penetração do ingrediente ativo na superfície foliar. A dificuldade de molhamento de muitas superfícies foliares e a reflexão de gotas são consideradas sérios obstáculos na retenção de gotas e

consequentemente na eficácia das pulverizações (Maciel et al., 2001). O aumento da área de molhamento de gotas proporciona melhora significativa na cobertura do alvo, e com isso pode levar a absorção mais rápida da calda contendo o ingrediente ativo (Baio et al., 2015). O uso de adjuvantes nas aplicações de herbicidas pode aumentar o espalhamento, a retenção e a penetração do ingrediente ativo pela superfície foliar, bem como reduzir o período mínimo sem chuva para que haja absorção do produto (Costa et al., 2005). A ação dos adjuvantes em melhorar o espalhamento de gotas de pulverização pode ser atribuída à capacidade de redução da tensão superficial da solução o que aumenta a área de contato da gota com a epiderme foliar (Costa et al., 2014a).

Outros autores também encontraram relação no uso de adjuvantes com o aumento do espalhamento de gotas. O óleo mineral Joint Oil[®] sozinho promoveu aumento do espalhamento da gota em ambas as faces limbo foliar de *Conyza canadensis* quando utilizado até a concentração de 1,0% v v⁻¹ e na mistura com glyphosate 2,4-D promoveu aumentos no espalhamento da gota apenas na face adaxial da folha, mostrando que os incrementos na área de espalhamento das gotas com a utilização do Joint Oil[®] foram dependentes da concentração, do produto e das faces do limbo foliares avaliadas (Costa et al., 2014b). Analisando as alterações das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes na cultura da soja, o adjuvante siliconado Break-Thru foi aquele que proporcionou a redução mais significativa da tensão superficial e também aquele que levou ao maior espalhamento da calda sobre a superfície foliar (Baio et al., 2015).

Além dos produtos utilizados, o efeito dos adjuvantes no aumento do espalhamento de gotas, como foi observado na maioria das caldas com a presença do Nimbus[®] e do Li700[®], depende das características da folha e da condição de ambiente. Investigando tempo de evaporação de área e molhamento de gotas em superfícies hidrofóbicas, hidrofílicas, cerosas, e peludas sob condições de ambiente controladas Yu et al. (2009b), relataram que gotas com diâmetro de 246-886 µm expostas a uma atmosfera de 30 a 90% de umidade relativa do ar, com a adição de adjuvantes podem aumentar a área de cobertura das gotas de 4,5 a 10,1 vezes nas folhas pilosas e 3,4 a 4,1 vezes na folhas cerosas. O tensoativo utilizado para verificar a evaporação e área de molhamento de gotas com surfatante em folhas cerosas, foi capaz de dissolver e romper a estrutura do cristalino hidrofóbico epicuticular na superfície das folhas cerosas e com isso a área de molhamento de gotas aumentou. Isso significa que o uso de surfatante pode reduzir significativamente as taxas de aplicação (Xu et al., 2011).

A expressão dos adjuvantes observada na calda Mistura foi melhor na condição de 31°C e 35% UR. Como já foi dito anteriormente, o aumento do espalhamento de gotas, pode melhorar a qualidade do controle de agentes de dano, e o óleo mineral e o Li700[®] podem ser utilizados com esta finalidade. Debortoli (2008), relatou que a adição do óleo mineral Nimbus[®] ao fungicida azostrobin + ciproconazol proporcionou um aumento no controle da ferrugem da soja, tanto sob chuva simulada como na testemunha sem chuva. Nos tratamentos que foram adicionados adjuvante, e com a ocorrência de chuva nos tempos 0 e 30 minutos após a aplicação dos fungicidas, foi observada redução média de 50% na severidade final da ferrugem, com relação aos tratamentos sem adjuvante. Segunda a mesma autora, esse resultado pode estar relacionado ao fato dos adjuvantes aumentarem a retenção do ingrediente ativo na superfície foliar e tornar o depósito desses produtos menos suscetíveis a remoção pela chuva e outros fatores ambientais. Baio et al., (2015), analisando as alterações físico-químicas em caldas contendo adjuvantes, observaram que os adjuvantes Nimbus[®] e Li700[®] apresentaram diferença em relação a tensão superficial, 32,32 e 36,42 mN.m⁻¹ respectivamente, porém não foram diferentes no espalhamento de gotas, 0,80 e 0,73 cm² respectivamente.

Os dados para espalhamento de gotas demonstram que essa variável está diretamente relacionada à tensão superficial das caldas, que pode ser alterada com o aumento da temperatura. Espalhamento de gotas apresenta relação inversamente proporcional à tensão superficial, e essa relação pode ter influenciado os dados para esta variável. A tensão superficial é resultado das forças de coesão entre as moléculas da superfície de um líquido e com o aumento da temperatura da água, as forças de atração (eletrostáticas) entre moléculas vizinhas na superfície de um líquido diminuem e, conseqüentemente, reduz a tensão superficial (Queiroz et al., 2011). Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais apresentaram relação inversa, indicando que, quanto maior a tensão superficial, menor será a molhabilidade da superfície e, conseqüentemente, maior será o valor do ângulo de contato (Iost e Raetano 2010). Além dos adjuvantes, a temperatura da calda também pode influenciar as propriedades físico-químicas e, conseqüentemente, o processo de pulverização (Cunha et al., 2010b).

Comparando-se produtos sistêmicos e os de contato, o espalhamento de gotas (cobertura) é ainda mais importante para os produtos de contato, pois esses produtos, como dito anteriormente, só atuam nos locais onde forem distribuídos durante a pulverização. Produtos com ação de contato geralmente necessitam de maior cobertura do alvo que os

sistêmicos, por isso precisam de maior volume de calda (Gazziero, 2015). O desempenho dos produtos fitossanitários é altamente influenciado pela uniformidade da deposição da calda de pulverização, sobretudo quando se consideram os produtos de ação de contato, que exigem maior área de cobertura do alvo (Costa et al., 2008).

No caso dos produtos de contato Kumulus[®]DF, Nomolt[®]150 e Pirate[®], na condição de 25°C e 75% de UR, com exceção do Pirate[®] com Li700[®], e na outra condição de ambiente com exceção do Nimbus[®] com Nomolt[®], os adjuvantes aumentaram a área de espalhamento de gotas desses produtos, sendo uma característica desejável que pode melhorar a absorção e a eficiência desses produtos. Para o produto sistêmico Cabrio[®]Top, usado de forma isolada, os dois adjuvantes aumentaram a área de molhamento de gotas nas duas condições de ambiente.

O uso de adjuvantes pode melhorar o espalhamento de gotas e conseqüentemente a área de cobertura no momento da aplicação e com isso pode ocorrer também um aumento na absorção do ingrediente ativo, acelerando esse processo e melhorando o controle dos agentes de danos. Segundo Baio et al. (2015), Todos os adjuvantes testados para avaliar as alterações físico-químicas nas caldas contendo adjuvantes, reduziram a tensão superficial nas doses recomendadas pelos fabricantes porém o adjuvante Break-Thru foi o que proporcionou a redução mais significativa da tensão superficial e portanto o que levou ao maior espalhamento. Ainda segundo os mesmos autores, o aumento no espalhamento de gotas proporciona melhor cobertura do alvo, e pode levar a absorção mais rápida da calda contendo o ingrediente ativo e assim potencializar a eficiência do controle.

Analisando o efeito dos adjuvantes comerciais em hortícolas com fungicidas na cobertura, absorção e eficácia, Gentz et al., (2003) observaram que o adjuvante organossiliconado Aero Dyne-Amic[®], melhorou significativamente a absorção de azostroquina em cebola e batata em 30 e 21% respectivamente e o espalhante adesivo Bond[®], também melhorou a absorção de azostroquina, em cebola e feijão em 41 e 39% respectivamente, ambos em comparação com a água. No campo experimental, a incidência de ferrugem do feijoeiro foi reduzida em 52% quando os adjuvantes Kinetic[®] ou Latron AG-98[®] foram adicionados ao maneb, em comparação ao maneb sozinho.

No caso da calda Mistura, os adjuvantes Nimbus[®] na condição de 25°C e 75% UR e o Li700[®] na outra condição, não diferiram da área de molhamento da testemunha. Isso mostra que o efeito da adição de adjuvantes não pode ser generalizado, pois existe

interação com os produtos utilizados e a superfície foliar. As propriedades intrínsecas as gotas, estão intimamente ligadas aos componentes da formulação, principalmente a quantidade de adjuvantes na composição de cada produto. O uso indiscriminado de outros adjuvantes no preparo das caldas de pulverização pode resultar em efeitos antagônicos ao seu desempenho ou não trazer nenhum benefício. Em razão disso, o uso de aditivos nas caldas não deve ser feito de forma aleatória. Antes da aplicação deve ser feito um estudo das reais necessidades do sistema de aplicação e suas consequências, visando os efeitos benéficos do emprego desta tecnologia (Queiroz et al., 2008).

4.2.2. Tempo de evaporação de gotas

O processo de evaporação de gotas tem forte influência sobre a maneira que os produtos fitossanitários irão agir na superfície foliar. O tempo de evaporação de gotas é uma preocupação frequente dos produtores, pois envolve múltiplos processos de perdas, o que acaba interferindo na penetração dos produtos fitossanitários. A absorção e a translocação do ingrediente ativo são influenciadas pelo tempo de evaporação de gotas (Xu et al., 2011).

O tempo de evaporação de gotas mostrou-se dependente do produto utilizado, da condição ambiental e da presença ou ausência de adjuvante na calda de pulverização. Na condição de 25° C e 75% UR, para os produtos isolados, com exceção do Pirate[®] com o óleo mineral, os adjuvantes reduziram o tempo de evaporação de gotas. E para a calda Mistura, na mesma condição de ambiente, os adjuvantes aumentaram o tempo de evaporação de gotas. Na condição de 31 °C e 35% UR, exceto o Nomolt[®] 150 com o Li700[®], os adjuvantes reduziram o tempo de evaporação de gotas para todas as caldas testadas (Figura 16).

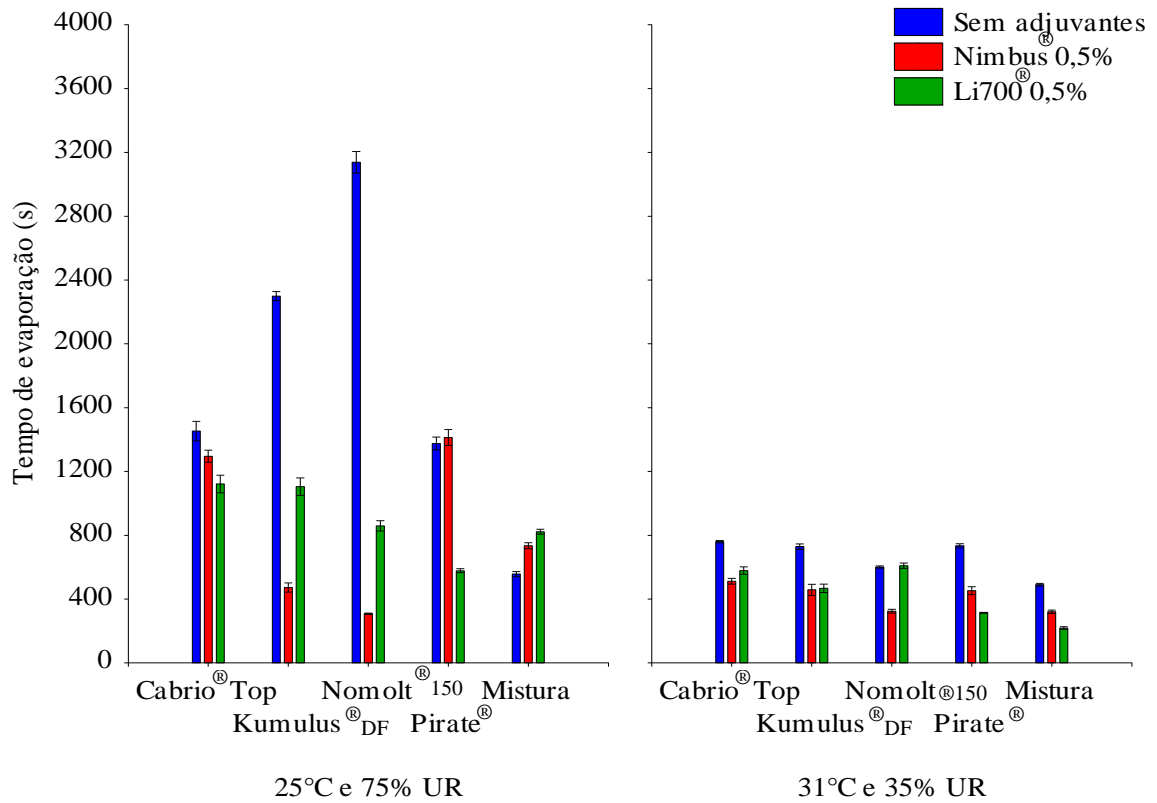


Figura 16. Tempo de evaporação em diferentes caldas na ausência e na presença de adjuvantes com variação de temperatura e umidade.

Na condição de 25°C e 75% UR, o inseticida Nomolt®150 apresentou tempo de evaporação de gotas superior aos demais produtos. Esse resultado pode ser explicado pela diferença encontrada no espalhamento de gotas. Nessa mesma condição, este produto foi equivalente ao inseticida Pirate® em espalhamento, e apresentou menor área que molhamento de gotas em relação aos demais produtos.

Na condição de ambiente não recomendada (31 °C e 35% UR) é possível observar menor amplitude dos dados em relação à outra condição. Os dados relacionados a tempo de evaporação de gotas reforçam que a ação do adjuvante depende das condições ambientais e do produto em que ele é adicionado. O tempo de evaporação de uma gota depositada sobre uma superfície foliar é influenciado pelo uso de adjuvante e pode interferir sobre a eficácia do controle (Baio et al., 2015). A adição de surfatante nas caldas de pulverização reduziu o tempo de evaporação das gotas, devido ao maior espalhamento da gota, quando comparados à calda que continha somente o inseticida (Zhu et al., 2008). A evaporação de gotas depositadas em superfície de caldas contendo fungicidas e adjuvantes foi

afetada pelo uso de adjuvantes, sendo o óleo mineral o adjuvante que proporcionou a menor sensibilidade às variações de umidade (Vilela e Antuniassi, 2013).

Ainda com relação a figura 16 é possível observar que para todas as caldas testadas, o aumento da temperatura e a redução da umidade relativa do ar, levaram a diminuição no tempo de evaporação de gotas. Nessa condição também os dados para esta variável apresentam menor amplitude. Temperaturas acima de 30°C combinadas com umidade relativa do ar menor que 40% apresentam influência direta sobre a evaporação das gotas pulverizadas, principalmente no caso de gotas finas (Alvarenga et al., 2014). A alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar tem importante efeito sobre a pulverização de produtos fitossanitários, causando evaporação mais rápida de gotas (Balan et al., 2008).

Os resultados encontrados para os produtos isolados para tempo de evaporação de gotas coincidem com resultados encontrados por outros autores. Todos os adjuvantes utilizados para avaliar as alterações nas propriedades físico-químicas em soluções contendo adjuvantes apresentaram redução da tensão superficial da calda. O adjuvante siliconado Break-Thru[®] proporcionou redução na tensão superficial de 3,6 vezes em comparação à água destilada e também apresentou o maior espalhamento da calda sobre a superfície foliar em 13,5 vezes. Entretanto, também apresentou a maior taxa de evaporação da gota (Baio et al., 2015). Em soluções aquosas com surfatantes Yu et al., (2009a e 2009b), relataram que o uso de um agente tensoativo reduziu o tempo de evaporação em 57% para superfície pilosa, 29% na folhas cerosa, 23% na superfície hidrofóbica e 25% na superfície hidrofílica quando comparados com o controle. Estudando a evaporação de gotas em caldas contendo fungicidas e adjuvantes, Vilela (2012), observou que para os tratamentos contendo adjuvantes siliconados o tempo de evaporação foi menor quando comparados com os adjuvantes não siliconados.

Essa diminuição no tempo de evaporação de gotas relacionado com o espalhamento de gotas para a maioria das caldas testadas coincide com resultados encontrados por outros autores. Yu et al., (2009a), analisando o tempo de evaporação e o espalhamento de gotas em caldas contendo inseticidas e adjuvantes em três superfícies diferentes observaram que, para gotas de 343 µm na superfície hidrofílica, o tempo de evaporação de gotas diminuiu cerca de 29% (70s para 50s) com a adição do surfatante X-77[®] na calda de pulverização. Yu et al., (2009 b) constataram que com a adição de um surfatante no pulverizador ocorreu redução de 56% no tempo de evaporação de gotas (48s – 21s), considerando as gotas de 343

μm na superfície pilosa. Na determinação da evaporação e da deposição de gotas com surfatantes em folhas cerosas, Xu et al., (2009) observaram que em gotas de 300 μm , a área média total de espalhamento aumentou 203% e o tempo de evaporação diminuiu 44 % em relação as caldas sem adjuvante. Para as gotas de 600 μm os mesmos autores relataram que a área de molhamento na superfície adaxial aumentou 44% com a adição do surfatante em comparação com a superfície adaxial. Além disso, para a superfície foliar total, a adição do agente tensoativo na solução de pulverização aumentou a média da área molhada em 275%, enquanto o tempo médio evaporação diminuiu 19%.

No geral, com a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar é possível observar aumento no tempo de evaporação de gotas. Yu et al., (2009a) também observaram que para gotas de 343 μm , quando ocorreu aumento na umidade relativa do ar de 30% para 90%, o tempo de evaporação de gotas das caldas contendo água destilada e inseticida Imidacloprid, em superfície hidrofílica o tempo de evaporação de gotas aumentou cerca de 153% (45 s - 114 s), cerca de 137% para as superfícies hidrofóbicas (68-161s) e cerca de 95% (44-86s) em superfície foliar de Crabapple. O mesmo fenômeno foi observado por Yu et al., (2009b), onde em folhas cerosas, o tempo de evaporação de gotas de 343 μm , a médias dos pesticidas utilizados aumentou de 52 s para 115 s quando a umidade relativa do ar aumentou de 30% para 90%. Com o aumento da umidade relativa do ar de 40% para 80%, Vilela (2012) verificou que ocorreu aumento no tempo de evaporação de gotas para todas as caldas testadas.

O tempo de evaporação de gotas está relacionado com a forma como os produtos fitossanitários serão absorvidos pela planta. A maioria dos trabalhos sobre absorção foliar está associado à ocorrência de chuvas após a aplicação. Dentro da estufa, como na cultura do tomate, esse problema desaparece e esse tempo de evaporação de gotas passa a ser uma preocupação secundária dos produtores. O processo final de absorção é um processo lento, e ele não termina no momento em que a gota seca da superfície foliar. De acordo com Rodrigues (2003), a absorção foliar é continuada por um período considerável, mesmo quando a solução aplicada na superfície parece estar seca. Esse processo continua graças a umidade cuticular formada á custa da água transpirada, podendo esta ser mais importante para o processo de absorção que a pulverizada.

O tempo que a gota permanece na superfície foliar influencia no processo de absorção dos produtos fitossanitários, porém esse processo continua por horas após o

secamento dessas gotas na superfície. A absorção foliar apresenta duas fases bem distintas, uma fase passiva que pode ser completada em poucos minutos e que ocorre sem gasto de energia (difusão), e uma fase ativa que geralmente ocorre depois de algumas horas onde o nutriente penetra no simplasto e se movimenta com gasto de energia (Malavolta et al., 1997). Analisando a velocidade de absorção de um fungicida triazol em folíolos de soja, observou-se que a absorção do fungicida flutriafol pelos folíolos da soja pode ser considerada um processo rápido e que a ocorrência de chuva de até 10 mm, 20 minutos após a aplicação dos fungicidas, não prejudica o controle (Reis et al., 2010b).

Gentz et al., 2003, trabalhando com a radioatividade (C^{14}), avaliaram a absorção de azostrobina em cebola, batata e feijão. Esses autores observaram nos melhores tratamentos, absorção de 42% para a cultura da cebola, após 96 horas após a aplicação. Para batata e feijão a absorção foi de 28,8 e 50,3%, 48h após a aplicação com o fungicida. Conforme Kimati (2011), o veículo líquido evapora após a deposição das gotas, deixando as partículas do produtos sobre a superfície. Alguns produtos com ação protetora melhoram seu desempenho com alguma capacidade de redistribuição na superfície foliar devido a formação do filme d'água advindo da umidade relativa do ar, da chuva e do orvalho. O período residual dos fungicidas protetores mancozebe e clorotalonil após a pulverização em folhas de tomate, variam de 7-10 dias para mancozebe e de 10-14 dias para clorotalonil. No entanto, a partir dos 7-10 dias as quantidades de depósito já são praticamente insignificantes, tendo que serem reaplicados semanalmente.

O tempo de evaporação de gotas encontrado nessa pesquisa apresentou grande variação, de aproximadamente três a cinquenta minutos, conforme o produto e condições ambientais. Vilela (2012) trabalhando com o mesmo padrão de gotas em lâminas de vidro, observou um tempo de evaporação de gotas de aproximadamente cinco minutos para o fungicida utilizado, sob temperatura de 22-23 °C e UR de 45%. Xu et al., (2009), também observaram em *Syringa reticulate*, tempo de evaporação de aproximadamente cinco minutos, trabalhando com água sem surfatante sob ambiente de 25 °C de temperatura e 60% UR. Maior tempo de evaporação foi registrado por Zu et al., 2008, de oito minutos e meio (511 segundos) em folhas de maçã sob máximas condições restritivas a evaporação de gotas grandes (886 µm), com alta UR (90%), temperatura amena (22°C) e usando adjuvante antievaporante.

De forma geral os dados registrados nesta pesquisa seguiram a tendência maior espalhamento menor tempo de evaporação de gotas, porém com algumas variações pontuais. Em geral, nos tratamentos utilizados para avaliar o tempo de evaporação de gotas, o espalhamento e a área de contato de diferentes produtos com e sem adjuvante em superfícies cerosas, o tempo de evaporação diminuiu com o aumento da área molhada (Xu et al., 2009). Na avaliação da evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície, concluiu-se que tempo de evaporação e área de molhamento de gotas correlacionaram-se de forma negativa (Vilela, 2012).

Na condição de 25°C e 75% UR, comparando-se as caldas com e sem adjuvantes, o fungicida Cabrio[®]Top seguiu a relação quanto maior o espalhamento, menor o tempo de evaporação de gotas. Para o fungicida Kumulus[®]DF a calda sem adjuvante que espalhou menos também teve o maior tempo de evaporação de gotas, porém nas caldas com adjuvantes, o Li700[®] que apresentou o maior espalhamento, apresentou também maior tempo de evaporação de gotas quando comparado com o óleo mineral. O inseticida Nomolt[®]150 seguiu a relação maior espalhamento e menor tempo de evaporação de gotas nas caldas com e sem adjuvantes. O inseticida Pirate[®] seguiu essa relação para as caldas sem adjuvantes porém o adjuvante Nimbus[®] aumentou o tempo de evaporação de gotas e o Li700[®], que foi equivalente a calda sem adjuvante no espalhamento de gotas, reduzindo tempo de evaporação. Para o tratamento mistura o espalhamento da calda sem adjuvante e com Nimbus[®] foi equivalente, porém os dois adjuvantes aumentaram o tempo de evaporação de gotas (Figura 16).

Na condição de 31°C e 35%UR, comparando-se as caldas com o sem adjuvantes para o fungicida Cabrio[®]Top, com exceção da calda com Li700[®], a calda sem adjuvante e com Nimbus[®] seguiram a relação de proporcionalidade entre espalhamento e tempo de evaporação de gotas. Nas caldas com o fungicida Kumulus[®]DF, a adição de adjuvantes não seguiu essa relação pois, Nimbus[®] e Li700[®] apresentaram espalhamento de gotas diferente e tempo de evaporação equivalente. Para o inseticida Nomolt[®]150, a calda com Li700[®] que apresentou a maior espalhamento, não foi a que teve o menor tempo de evaporação de gotas. A calda sem adjuvante e Nimbus[®], tiveram espalhamento equivalente e tempo de evaporação diferente. A calda com o inseticida Pirate[®] também não seguiu a relação de proporcionalidade entre espalhamento e tempo de evaporação de gotas pois o adjuvante Nimbus[®] que espalhou mais, e não foi a calda que apresentou o menor tempo de

evaporação de gotas. Para a calda mistura com e sem adjuvantes, o Nimbus[®] que teve a maior área de molhamento, não foi a calda que apresentou o menor tempo de evaporação de gotas.

Outros autores também obtiveram resultados diferenciados na relação área de molhamento e tempo de evaporação de gotas. Em estudos conduzidos por Zhu et al., (2008), foi verificado que o tempo de evaporação de gotas reduziu quando um adjuvante foi adicionado á calda de um inseticida, e aumentou com a adição de um redutor de deriva.

A presença de adjuvantes reduziu a tensão superficial em todas as caldas testadas (Figura 17).

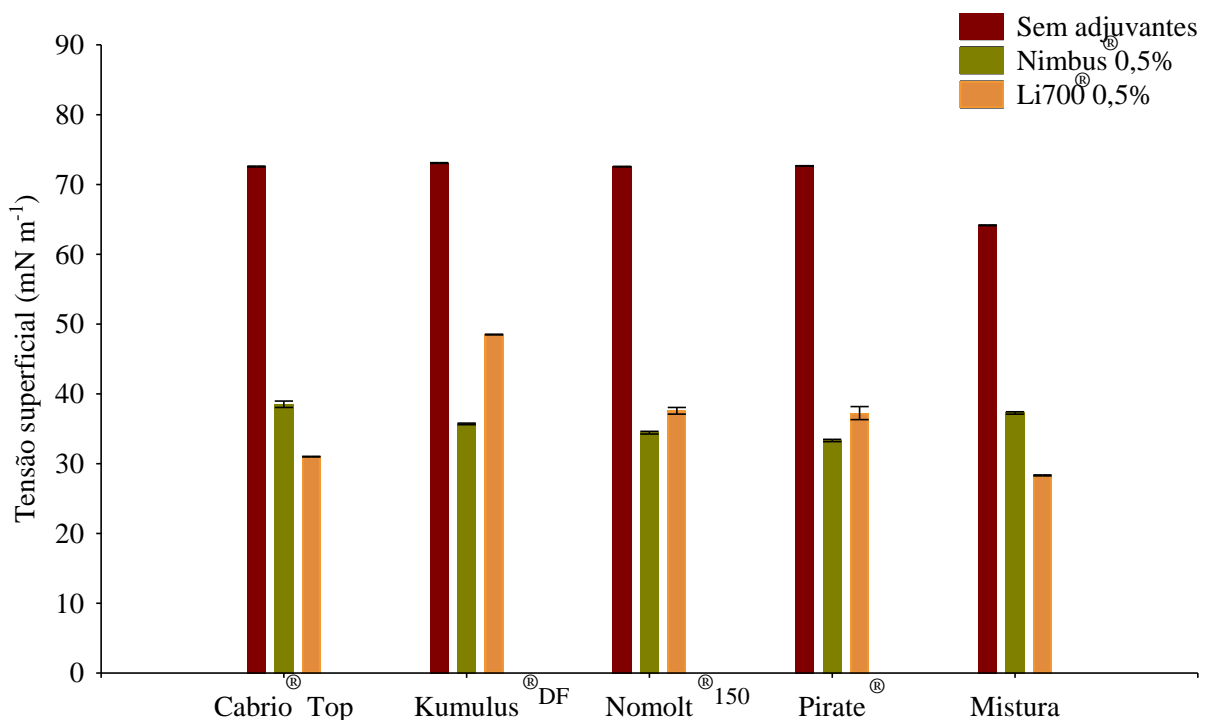


Figura 17. Tensão superficial (mN m⁻¹) das caldas testadas.

A redução da tensão superficial das caldas pode estar relacionada a adição dos adjuvantes Nimbus[®] e Li700[®], o que influencia diretamente no espalhamento e na evaporação de gotas. Os adjuvantes podem promover melhoras no molhamento, na aderência, no espalhamento, na redução de espuma e na dispersão da calda de pulverização (Cunha e Peres, 2010). A correlação entre tensão superficial da calda e espalhamento foliar é dependente da folha na qual a gota é depositada, pois há diferenças epidérmicas e anatômicas entre as espécies as quais podem dificultar mais ou menos o espalhamento como a cerosidade da cutícula foliar (Baio et al., 2015). Em soluções de glyphosate com surfactantes usadas sobre

folhas de tiririca, a redução da tensão superficial levou a um aumento da área de molhamento em folhas de *C. rotundus* (Mendonça et al., 1999). Em superfícies natural e artificial, em solução aquosa, os surfatantes siliconados Silwet L-77® e Supersil®, foram mais eficientes na redução da tensão superficial e proporcionaram maior molhamento (Iost e Raetano , 2010). A redução na tensão superficial proporciona maior molhamento foliar, pois facilita o espalhamentos das gotas de pulverização ao atingir o alvo, podendo aumentar a absorção do ingrediente ativo dos produtos fitossanitários e com isso potencializar sua eficiência no controle (Baio et al., 2015).

Com relação ao pH o óleo mineral interferiu menos na alteração de pH do que o Li700. O Li 700 nos produtos isolados reduziu o pH para valores inferiores a 4,0. Na mistura os dois adjuvantes reduziram o pH dentro da faixa recomendada para aplicação de produtos fitossanitários (Figura 18).

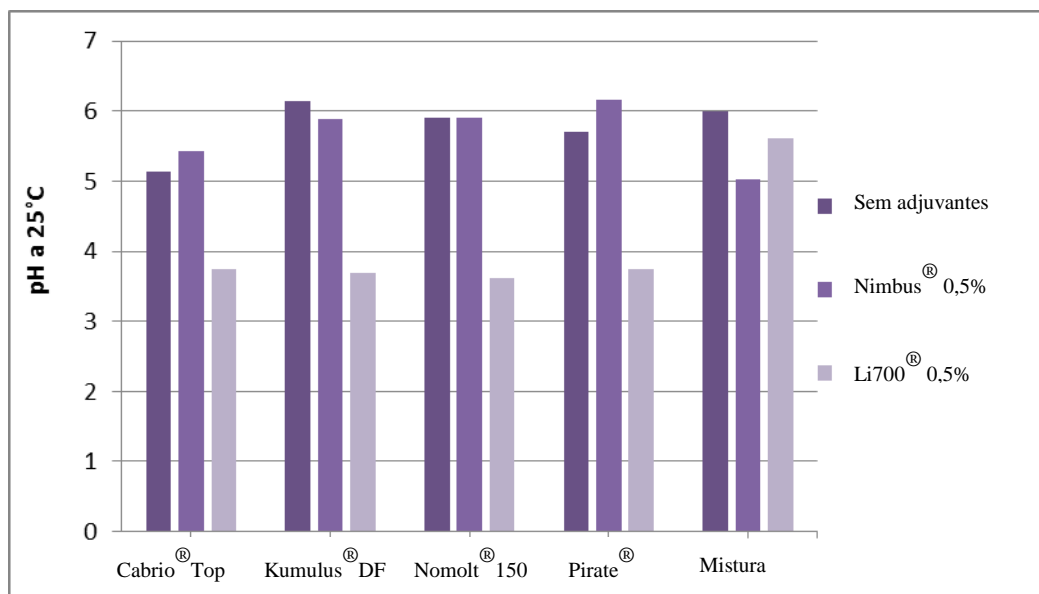


Figura 18. pH a 25°C em diferentes caldas na presença e na ausência de adjuvante.

O valor no pH de uma calda no momento da aplicação é de grande importância no processo de pulverização. A ação de um ingrediente ativo pode sofrer interferência do pH de uma água pois a alta concentração de íons H⁺ ou OH⁻ pode reagir com o ingrediente ativo e com isso diminuir a concentração de ativo na calda de pulverização. O pH ideal para preparação de caldas de defensivos agrícolas de uma forma geral deve ser levemente ácido, na faixa de 4,5 a 7,0 (Zambolim et al., 2008).

Através desses resultados pode-se concluir que a ação do adjuvante depende do produto utilizado, da classe do adjuvante e das condições de ambiente mostrando que o seu uso nas aplicações agrícolas devem ser previamente estudado.

4.3. CONCLUSÃO

A ação dos adjuvantes utilizados nessa pesquisa no espalhamento e tempo de evaporação de gotas, foi dependente do produto utilizado e das condições de ambiente no momento da aplicação.

Temperatura alta e baixa umidade relativa do ar reduz tempo de evaporação de gotas para as caldas testadas.

5. REFERÊNCIAS

ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Disponível em : <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/LI_-_700.pdf>. Acesso em: 17/07/2015.

AENDA. Associação Brasileira dos defensivos genéricos. Disponível em: <http://www.aenda.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=61:mistura-ou-nao-mistura&catid=19&Itemid=116>. Acesso em: 15/07/2015.

ALVARENGA, M.A. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Editora UFLA, Lavras. 400 p. 2004.

ALVARENGA, C.B.D.; TEIXEIRA, M.M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R.S.; RINALDI, P.C.N. Controle automático do espectro de gotas de pulverizador hidropneumático em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 26-33, 2013.

ALVARENGA, C.B.D.; TEIXEIRA, M.M.; ZOLNIER, S.; CECON, P.R.; SIQUEIRA, D.L.D.; RODRIGUES, 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**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 182-193, 2014.

ALVES, A.P.; SERIKAWA, R.H. Controle químico de pragas do algodoeiro. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.10, n.3, p.1197-1209, 2006.

ALVES, M.R.R.; TORRES, M.C.L.; SOARES, N.D.F.F.; MELO, N.R.; GERALDINE, R.M.; MIZUBUTI, E.S.G.; SILVEIRA, M.F.A. Efeito de soluções de enxágue na remoção de resíduos de mancozeb em tomates de mesa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 96-101, 2010.

ANDRADE, D.J.D.; FERREIRA, M.D.C.; FENÓLIO, L.G. Compatibilidade entre acaricidas e fertilizantes foliares em função de diferentes águas no controle do ácaro da leprose dos citros *brevipalpus phoenicis*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 1, p. 039-050, 2013.

ARRUÉ, A.; GUEDES, J.V.C.; BURTET, L.M.; STURMER, G.R.; BIGOLIN, M.; STEFANELO, L.D.S.; SARI, B.G. Santa Maria, 2011. Influência da mistura em tanque de inseticidas e fungicidas na cultura da soja. Disponível em: <<http://www.unifra.br/eventos/sepe2012/Trabalhos/6059.pdf>>. Acesso em 23/09/2015.

ARRUÉ, A.; GUEDES, J.V.C.; STORCK, L.; SWAROWSKY, A.; CAGLIARI, D.; BURTET, L.M.; ARNEMAN, J.A. Precipitação artificial após aplicação do inseticida clorantilanilprole associado com adjuvante em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.12, p.2118-2123, dez, 2014.

AVALHAES, C.C.; PRADO, R.D.M.; GONDIM, A.R.D.O.; ALVES, A.U.; CORREIA, M.A.R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.1, p. 075-080, 2009.

AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas sistêmicos – Teoria e Prática**. EMOPI – Gráfica e Editora. Campinas, 2007. 284 p.

AZEVEDO, L.A.S. **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. IMOS Gráfica e Editora: Rio de Janeiro, 2011. 264p.

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

BALAN, M.G.; ABI-SAAB, O.J.G.; SILVA, C.G.D.; RIO, A.D. 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.

BARBOSA, G. F.; NAIS, J.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área e capacidade de retenção foliar de calda em citros. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1226-1231, 2013.

BASF. Basf Produtos e Mercados, proteção de cultivos. Inseticida Pirate, Disponível em: <http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt_BR/content/APBrazil/solutions/insecticides/insecticides_product/Pirate>. Acesso em: 24 de abril de 2015.

BLUM, L.E.B.; REIS, E.F.; PRADE, A.G.; TAVELA, V.J. Fungicidas e mistura de fungicidas no controle do oídio da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n.2., p. 216-218. 2002.

BEHRING, J.L.; LUCAS, M.; MACHADO, C.; BARCELLOS, I.O. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da cmc de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, 492-495, 2004.

BUENO, M.R.; CUNHA, J.P.A.R.D.; ALVES, G.S. Deposição de calda na aplicação aérea e terrestre de fitossanitário na cultura da batata. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.6, p.1210-1222, 2013.

CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R.; STRINGHETA, P.C.; MOREIRA, G.R.; CARDOSO, A.A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.255-259, 2005.

CARVALHO, F.T.D., PERUCHI, M., PALLAZO, R.R.B. Eficácia de herbicidas no controle, em pós-emergência, de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.2, n.3, p. 143-148, 2001.

CASTRO, V.L.S.S.D. Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, São Carlos, v. 4, n. 1-3, p.87-94, 2009.

CASTELO BRANCO, M.; PONTES, L.A.; AMARAL, P.S.T.; MESQUITA FILHO, M.V. Inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e broca-grande e seu impacto sobre *Trichogramma pretiosum*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 652-654, 2003.

CHEMINOVA AGRO BRASIL. Disponível em:
<http://www.cheminova.com.br/download/FISPQ/fispq_authority_2012_09_19.pdf>. Acesso em 03/08/2015.

COELHO, J.H.C.; XIMENES, N.L.; FELIPPE, M.R.; RESTAINO, E.C.; MONTESINO, L.H.; GARBIM, L.F.; SANCHES, A.L.; YAMAMOTO, P.T. Eficiência de inseticidas sistêmicos para controle de pragas em mudas cítricas em pré e em pós-plantio. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v.26, n.2, p.237-249, 2005.

COELHO, F.S.; ALVARENGA, M.A.R.; LEÃO, A.B.; RODRIGUES, L. Controle de *Alternaria solani* com Fungicidas na Cultura do Tomateiro. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, Colômbia, v. 64, n.1, p. 5845-5851, 2011.

CORRÊA, H.G.; MAZIERO, J.V.G. Análise em laboratório da redução da evaporação de gotículas para pulverizações agrícolas. **BRAGANTIA**, Campinas, v.39, n.8, 1980.

COSTA, N.V.; MARTINS, D.; RODELLA, R.A.; COSTA, L.D.N.C. pH foliar e deposição de gotas de pulverização em plantas daninhas aquáticas: *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadripata* e *Panicum repens*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 295-304, 2005.

COSTA, N.V.; RODRIGUES, A.C.P.; MARTINS, D.; CARDOSO, L.A.; SILVA, J.I.C. Efeito de pontas de pulverização na deposição e na dessecação em plantas de *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 923-933, 2008.

COSTA, N.V.D.; MODOLON, T.A.; PISATTO, M.; BROETTO, L.; JÚNIOR, E.M. Tensão superficial e área de espalhamento de gotas de soluções com herbicidas e adjuvantes em folhas de *Conyza canadensis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.13, n.2, p.161-170, 2014a.

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

COSTA, E.; SANTO, T.L.E.; SILVA, A.P.; SILVA, L.E.; OLIVEIRA, L.C.; BENETT, C.G.S.; BENETT, K.S.S. Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, 2015.

CUNHA, J.P.A.R.D.; TEIXEIRA, M.M. Características técnicas de bicos Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.5, n.2, p.344-348, 2001.

CUNHA, J.P.A.R.D.; RUAS, R.A.A. Uniformidades 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.D.; ALVES, G.S. Características físico-químicas de soluções aquosa com adjuvantes de uso agrícola. **Revista de Ciencia Y Tecnología da América**, Venezuela, n. 9, v. 34, 2009.

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

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

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

DEBORTOLI, M.P. Efeito do “rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja. 2008. 57 f. **Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; ZANIN, S.R.; FINGER, F.L. Produção de cultivares de tomate em estufa coberta com plástico. **Resvista Ceres**, Viçosa, v.44, n.252, p.152-160, 1997.

GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GENTZ, D.H.; SCHWARTZ, H.F.; NISSEN, S.J. Effect of Commercial Adjuvants on Vegetable Crop Fungicide Coverage, Absorption, and Efficacy. **Plant Disease**, St Paul, v.87, n.5, p. 591-597, 2003.

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

JUNIOR, J.B.; YAMAMOTO, P.T.; MIRANDA, M.P.D.; BASSANEZI, R.B.; AYRES, A.J.; BOVÊ, J.M. Controle do *huanglongbing* no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v.31, n.1, p.53-64, 2010.

KATZ, I.; CUNHA, A.R.D.; SOUSA, A.D.P.; HERDANI, E.E.D. Comparação de dois métodos de aplicação de fungicidas por gotejamento e pulverização convencional no controle do mofo cinzento (*Botrytis cinerae* Pers.: Fr) em vasos com plantas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.). **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p.328-338, 2006.

KIMATI, H. Controle químico. In: AMORIM, L. ed; REZENDE, J.A.M. ed; BERGAMIN FILHO, A. ed, 2011. **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p.343-365.

LALLANA, M.D.C.; BILLARD, C.E.; ELIZALDE, J.H.; LALLANA, V.H. Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. **Docencia y Tecnología**, Entre Rios, v. 17, n.33, p. 229-241, 2006.

LENZ, G. Efeito do espectro de gotas e idade de trifólios sobre a taxa de absorção de fungicidas em soja. 2010. 73f. **Dissertação Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, 2010.

LUZ, J.M.Q.; SHINZATO, A.V.; SILVA, M.A.D.D. Comparação do sistema de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n.2, 2007.

MACIEL, C.D.G.; SOUZA, R.T.; SILVA, R.H.; VELINI, E.D.; LEMOS, L.B. Deposição e distribuição de calda de pulverização em plantas de feijoeiro (*phaseolus vulgaris*) e capim-braquiária (*brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.1, p.103-110, 2001.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisada Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

MATTOS, M.A.A.; OLIVEIRA, J.V.; HAJI, F.N.P.; LIMA, M.F.; COSTA, N.D. Avaliação de estratégias com agroquímicos no controle de *Bemisia argentifolii* bellows & perring (hemiptera: aleyrodidae) em tomate. **Revista de ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, 2002.

MEDEIROS, M.A.; VILLAS BÔAS, G.L.; VILELA, N.J.; CARRIJO, O. A.Estudo preliminar do controle biológico da traça-do-tomateiro com o parasitóide *trichogramma pretiosum* em ambientes protegidos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 080-085, 2009.

MENDONÇA, C.G.D.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C.G.D. Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 17, n. 3, 1999.

MENDONÇA, C.G. Efeito de óleos minerais e vegetais nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização e suas interações com superfícies foliares. 2003. 96 f. **Tese**

(Doutorado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

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

MICHEREFF FILHO, M.; FARIA, M.; WRAIGHT, S.P.; SILVA, K.F.A.S. Micoínseticidas e micoacaricidas no Brasil: como estamos após quatro décadas?. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.4, p.769-779, 2009.

MOURA, W.M.; LIMA, P.C.; CASALI, V.W.D.; PEREIRA, P.R.G.; CRUZ, C.D. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p.174 –180, 2001.

MOURA FILHO, E.R. Influência da qualidade da água no controle químico da mosca minadora do meloeiro, em Mossoró. 2006. 39f Dissertação Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2006.

MOTTA, R.R. Determinação do período residual de fungicidas protetor e sistêmico para o controle de *Guignardia citricarpa* em frutos cítricos. 2009. 80f. **Dissertação Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**, Jaboticabal, 2009.

MONTÓRIO, G.A.; VELINI, E.D.; MACIEL, C.D.G.; MONTÓRIO, T. Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 8-22, 2005.

NASCIMENTO, A.D.R.; FERNANDES, P.M.; ROCHA, M.R.D.; SILVA, E.A.D. Fontes de fosfito e acibenzolar-s-metil no controle de doenças e produtividade do tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 53-59, 2008.

NASCIMENTO, J.M.D.; GAVASSONI, W.L.; BACCHI, L.M.A.; ZUNTINI, B.; MENDES, M.P.; LEONEL, R.K.; PONTIM, B.C.A. Associação de adjuvantes à picoxistrobina + ciproconazol no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 3, p. 204-210, 2012a.

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

NASCIMENTO, A.D.R.; JÚNIOR, M.S.S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P.M.; RODRIGUES, J.P.M.; CARVALHO, W.T.D. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

OLIVEIRA, R.B.; GANDOLFO, M.A.; GIMENES, G.R.; OTANI, T.M.; DARIO, G.; MORAES, E.D. Sistema experimental para quantificar a evaporação e molhamento de gotas sob condições climáticas controladas in: VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 2013. Londrina. **Anais do VI SINTAG**. Botucatu: FEPAF, 2013.

OLIVEIRA, R. B. Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas. 2011. 134 f. **Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)**- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

PEREIRA, H.S.; MELLO, S.C. Aplicações de fertilizantes foliares na nutrição e na produção do pimentão e do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p.597-600, 2002.

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

PRADO, E.P.; ARAÚJO, D.D.; RAETANO, C.G.; DAL POGETTO, M.H.F.D.A.; ÁGUIAR-JÚNIOR H.O.; CHRISTOVAM, R,D,S. Influência da dureza e potencial hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.389-396, 2011

PREVIDELLO, B.A.F.; CARVALHO, F.R.D.; TESSARO, A.L.; SOUZA, V.R.D.; HIOKA, N. O pKA de indicadores ácido-base e os efeitos de sistemas coloidais. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n.3, p.600-606, 2006.

QUEIROZ, A.A.; MARTINS, J.A.S.; CUNHA, J.P.A.R.D. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

QUEIROZ, H.D.S.; REIS, E.F.D.; WRUCK, E. Influência da temperatura da calda nas características das gotas de pulverização hidráulica. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v.2, n.2, p.68-81, 2011.

REIS, E.M.; REIS, A.C.; FORCELINI, C.A. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. UPF editora: Passo fundo, 2007. 153p.

REIS, L.S.; SOUZA, J.L.D.; AZEVEDO, C.A.V.D. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13,n.3,p.289–296, 2009.

REIS, E.M.; REIS, A.C.; CARMONA, M.A. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. UPF Editora: Passo Fundo, 2010a. 226p.

REIS, E.M.; ZANATTA, M.; BOGORNI, R.; BARUFFI, D.; REMOR, L. Velocidade de absorção de fungicida triazol em folíolos de soja. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. Nov/Dez, p. 23-25, 2010b.

REIS, E.F.D.; QUIROZ, D.M.D.; CUNHA, J.P.A.R.D. Dependência espacial da deposição de calda promovida por uma aplicação aérea na cultura da soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 79-85, 2012.

REIS, L.S.; AZEVEDO, C.A.V.D.; ALBUQUERQUE, A.W.; JUNIOR, J.F.S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, 2013.

RODRIGUES, J.D. Fisiologia vegetal e sua importância na tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p.59-61, 2003.

RODRIGUES, M.B.C.; ANDREOTE, F.D.; SPÓSITO, M.B.; AGUILLAR-VILDOSO, C.I.; ARAÚJO, W.L.; PIZZIRANI-KLEINER, A.A. Resistência a benzimidazóis por *Guignardia citricarpa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.323-327, 2007.

RODRIGUEZ, M.M.D.L.N.; CARDENAS, S.E.; ALCANTAR, G.G.; ETCHEVERS, B.J.; AGUILAR, S.A.; COLINAS, D.L.M.T.; SANTIZO, R.J.A. 1998. Penetración de un fertilizante foliar en tomate *Lycopersicon esculentum*. In: Proceedings of the World Congress on Soil Science. Montpellier, France.

ROSOLEM, C. A. Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar. Lavras: UFLA, 2002. 99p. Parte I. Apostila do Curso de Especialização à Distância em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Recomendacao%20e%20aplicacao%20de%20nutrientes%20VIA%20FOLIAR%20Parte%202%20.pdf> . Acesso em: 27 de Julho de 2015.

SANCHOTENE, D.M.; DORNELLES, S.H.B.; DEBORTOLI, M.P.; CAPITANIO, J.R.; MEZZOMO, R.F.; GONÇALVES, R.A. Influência de sais e do ph da água na eficiência de imazethapyr + imazapic no controle de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 2, p. 415-419, 2007.

SANTOS, J.M.F.D.; OLIVEIRA, S.H.F.D.; DOMINGUES, R.J.; GUZZO, S.D. Avaliação da eficácia de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem (*hemileia vastatrix* l.) do cafeeiro, sob chuva simulada. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.69, n.1, p.45-49, 2002.

SANTOS, R.B.; SOUZA, A.P.D.; SILVA, A.C.; ALMEIDA, F.T.D.; ARANTES, K.R.; SIQUEIRA, J.L.D. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de sinop – MT. **Global Science and technology**, Rio Verde, v. 06, n. 01, p.72 – 88, 2013.

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

SHREIBER, L.; SCHÖNHERR J. (1992). Analysis of foliar uptake of pesticides in barley leaves: role of epicuticular waxes and compartmentation, en: **Pesticide Science**, 36, pág. 213-221.

SILVA, F.M.L.; VELINI, E.D.; CORRÊA, T.M. Influência dos íons Mg, Ca, Fe, Cu e Zn sobre a tensão superficial estática de soluções contendo surfatante. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 589-595, 2006.

SOUZA, J.R.; REBOUÇAS, T.N.H.; LUZ, J.M.Q.; AMARAL, C.L.F.; FIQUEIREDO, R.M.; SANTANA, C.M.P. Potencialidade de fungicidas biológicos no controle de requeima do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 115- 119, 2014.

TÖFOLI, J.G.; MELO, P.C.T.; DOMINGUES, R.J. Ação protetora, residual, curativa e anti esporulante de fungicidas no controle da requeima e da pinta preta da batata em condições controladas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.2, p.209-221, 2012.

TÖFOLI, J.G.; MELO, P.C.T.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T. Controle da requeima e pinta preta da batata por fungicidas: conceitos, evolução e uso integrado. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.75, n.1, p.41-52, 2013.

TÖFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T. Requeima e mancha de alternaria nas culturas da batata e tomate. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.1, p.41-50, 2014.

TORRES, J.B.; TORRES, C.S.A.D.S., Interação entre inseticidas e umidade do solo no controle do pulgão e da mosca-branca em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.949-956, 2008.

VIEIRA, D.A.D.P.; CARDOSO, K.C.R.; DOURADO, K.K.F.; CALIARI, M., JUNIOR, M.S.S. Qualidade física e química de mini-tomates Sweet Grape produzidos em cultivo orgânico e convencional. **Revista Verde**, Pombal, v 9. , n. 3 , p. 100 -108, 2014.

VILELA, C.M. Evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície. 2012. 62 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura)**. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

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.

VINHA, M.B.; PINTO, C.L.D.O.; PINTO, C.M.F.; SOUZA, C.F.D.; SOUZA, M.R.D.M.; OLIVEIRA, L.L.D. Impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos em frutas e hortaliças. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.1, n.1, p.102-107, 2011.

VIVIAN, R.; ROCHA, A.; GALVÃO, H.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONTES, P.C.R. Densidade de plantio e número de folhas influenciando a produtividade e qualidade de frutos do tomateiro cultivados com um cacho, em sistema hidropônico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.55, n.6, p.584-589, 2008.

WANSER, A.F.; BECKER, W.F.; SANTOS, J.P.; MUELLER, S. Influência do sistema de condução do tomateiro sobre a incidência de doenças e insetos-praga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, 2008.

WASHINGTON, J.R.; CRUZ, J.; FAJARDO, M. Detection of chlorothalonil in dew water following aerial spray application and its role in the control of black Sigatoka in banana. **Plant Disease**, Saint Paul, v.82, n.11, p.1191-1198, 1998.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E. Surfactant droplet evaporation and deposition patterns on waxy leaf surface. **ASABE**, Paper No.096671, St. Joseph, June 2009.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E. 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.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; BAGLEY, W.E.; KRAUSE, C.R. Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with type and concentration of adjuvants. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 7, n. 67, p.842- 851, 2011.

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

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**, v.104, n.1, p. 324-334, 2009b.

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.D.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. UFV/DFP: Viçosa, 2008. 3 ed. 464p.

ZHU, H.; YU, Y.; OZKAN, H.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Influence of spray additives on droplet evaporation and residual patterns on wax and wax-free surfaces. **ASABE Paper No. 083752**, St. Joseph, June 2008.