



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS LUIZ MENEGHEL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**GUSTAVO DARIO**

**TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NO**  
**TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

**BANDEIRANTES, PR - BRASIL**

**2018**

**GUSTAVO DARIO**

**TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NO  
TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

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

Orientador: Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira

BANDEIRANTES, PR - BRASIL

2018

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

Dario, Gustavo.

TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO / Gustavo Dario. - Londrina, 2018.

44 f. : il.

Orientador: Rone Oliveira.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Casa de Vegetação - Tese. 2. Índice de qualidade da aplicação - Tese. 3. Cobertura - Tese. 4. Depósito e Perdas - Tese. I. Oliveira, Rone . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

GUSTAVO DARIO

**TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NO  
TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

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

Aprovada em: 28/02/2018

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira-UENP

Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab-UEL

Prof. Dr. Jethro Barros Osipe-UENP

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo-UENP (Suplente)

Prof. Dr. Eurípedes Bomfim Rodrigues-UENP (Suplente)

---

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira  
Orientador  
Universidade Estadual do Norte do Paraná,  
Campus Luiz Meneghel

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter possibilitado a realização do mestrado.

Aos meus pais, Claudinei Geraldo Dario e Fátima Regina Alves Dario, por todo o apoio durante o período de mestrado e por terem permitido a realização deste experimento em nossa estufa.

A Karina Aline Alves, pela paciência e toda ajuda durante este período.

Ao Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira pela orientação e ensinamentos durante o período de graduação e mestrado, por ter apoiado a ideia deste trabalho e não medido esforços para a sua concretização.

A todos os membros equipe de Núcleo de Investigação de Tecnologia de Aplicação (NITEC) da UENP pela ajuda na realização deste trabalho.

Aos professores Eurípedes e Jethro pela ajuda na correção do trabalho.

Aos professores Otávio, Jethro e Hatiro pelo aceite a banca e as considerações.

A todos meus amigos e familiares que me apoiaram durante a realização do mestrado.

E por fim a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudo.

DARIO, Gustavo. **Técnicas de aplicação de produtos fitossanitários no tomateiro em ambiente protegido**. 2018. (Dissertação) Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2018.

## RESUMO

O controle químico de pragas e doenças é um dos principais desafios da horticultura em ambiente protegido. Devido a problemas relacionados aos equipamentos de aplicação utilizados pela maioria dos agricultores e a falta de parâmetros para auxiliar na escolha da técnica de aplicação adequada às condições específicas de cultivo. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade da aplicação e as perdas de produtos fitossanitários na cultura do tomateiro em ambiente protegido com diferentes técnicas de aplicação. As técnicas de aplicação avaliadas foram: Técnica 1 – Bastão com duas pontas de jato cone vazio, modelo JA-2 (700 kPa), taxa de aplicação de 618 L ha<sup>-1</sup>; Técnica 2 - Barra na vertical com 6 pontas de jato cone vazio, modelo ATR 0.5 (700 kPa), taxa de aplicação de 493 L ha<sup>-1</sup>; Técnica 3: Barra na vertical com 6 pontas de jato plano simples, modelo AXI 11002 (400 kPa), taxa de aplicação de 1442 L ha<sup>-1</sup>. Foram avaliados os indicadores de qualidade da aplicação, depósito (quantitativo) e a cobertura (qualitativa) das folhas do tomateiro, em três estratos transversais no do dossel cultura (superior, médio e inferior) e dois estratos longitudinais (parte externa e interna do dossel). Nesta pesquisa sugere-se o desenvolvimento do índice de qualidade da aplicação, que considera a deposição, a cobertura, a taxa de aplicação e o Índice de Área foliar da cultura. Quanto maior este índice, maior evidência de eficiência na quantidade depositada e uniformidade de distribuição das gotas no alvo. Foi avaliado também a perda da pulverização para o solo e o volume de calda transpassado para linha adjacente à linha pulverizada. Os resultados demonstram que a técnica de aplicação com Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>) proporciona maior depósito relativo em comparação a Barra-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>). O depósito relativo na parte interna é menor nos estratos que apresentam maior espessura do dossel e maior Índice de Área Foliar. A técnica de aplicação Barra-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>) proporciona menor cobertura da superfície adaxial das folhas internas do dossel em comparação as demais técnicas. Em geral, a cobertura é maior na superfície adaxial das folhas e na parte externa do dossel e sem diferença entre os estratos superior, médio e inferior. A perda relativa para o solo da casa de vegetação, na linha e entrelinha, é influenciada pela técnica de aplicação. A técnica do Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>) e da Barra-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>) proporcionam maiores volumes transpassados para as linhas adjacentes à linha de aplicação em comparação a Barra-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>). Na parte externa das plantas e no estrato superior, a técnica com Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>) proporciona melhor Índice de Qualidade de Aplicação em comparação as demais técnicas. Na parte interna do dossel, o Índice de Qualidade da Aplicação é semelhante para todas as técnicas de aplicação.

**Palavras-chave:** Casa de Vegetação. Índice de Qualidade da Aplicação. Cobertura. Depósito. Perdas.

DARIO, Gustavo. **Techniques of application of plant protection products in tomato in greenhouse**. 2018. (Dissertação) Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2018.

## ABSTRACT

Chemical control of pests and diseases is one of the main challenges of greenhouse horticulture. Due to problems associated to spraying equipment used by most growers, and the lack of parameters to assist in choosing the appropriate spray application technique to specific growing conditions. The aim of this research was to evaluate the quality and the losses in plant protection products application in tomato crop, cultivated in greenhouse with different application techniques. The application techniques were: Technique 1 - Spray gun with two hollow cone nozzle, model JA-2 (700 kPa), application rate of 618 L ha<sup>-1</sup>; Technique 2 - Vertical spray boom with six hollow cone nozzle, model ATR 0.5 (700 kPa), application rate of 618 L ha<sup>-1</sup>; and Technique 3 - Vertical spray boom with six extended range flat spray nozzle, model AXI 11002 (400 kPa), application rate of 1442 L ha<sup>-1</sup>. It was evaluated the indicators of the quality of the application, deposit (quantitative) and the coverage (qualitative) of tomato leaves, in three transverse stratum in the canopy culture (upper, middle and lower) and two longitudinal stratum (outer and inner canopy). In this research it is suggested the development of the application quality index, which considers the deposition, the coverage, the application rate and the Leaf Area Index of the crop. The higher this index, the greater evidence of deposited amount and uniformity of distribution of the droplets on the target. Was also evaluated the relative loss of spray to the soil and the volume of spray pierced to the adjacent row to the sprayed row. The results show that the application technique with spray gun (618 L ha<sup>-1</sup>) provides higher relative deposit compared to spray boom-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>). The relative deposit in the internal part is smaller in the stratum that present greater thickness of the canopy and Foliar Area Index. The application technique spray boom-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>) provides less coverage of the adaxial surface of the internal canopy leaves compared to the other techniques. In general, the cover is larger on the adaxial surface of the leaves and on the outside of the canopy and no difference between the upper, middle and lower stratum. The relative loss to the greenhouse soil, in the line and interlining, is influenced by the application technique. The technique of spray gun (618 L ha<sup>-1</sup>) and spray boom-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>) provides higher pierced volumes provide higher throughput volumes for rows adjacent to the application line compared to spray boom-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>). In the outside of the plants and in the upper stratum, the technique with spray gun (618 L ha<sup>-1</sup>) provides a higher index of application quality compared to other techniques. In the internal part of the plant the index of quality of the application was similar for all the techniques of application.

**Palavras-chave:** Greenhouse. Application Quality Index. Coverage. Deposit. Spray losses.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Sistema de condução do tomateiro, estaqueado na vertical. Plantas em desenvolvimento inicial (A) e plantas no início de maturação dos primeiros cachos (B).....                            | 11 |
| <b>Figura 2.</b> Distribuição dos tratamentos na casa de vegetação. ....  | 12 |
| <b>Figura 3.</b> Plantas antes e após a retiradas de folhas para determinação do índice de área foliar do tomateiro.....  | 14 |
| <b>Figura 4.</b> Equipamentos de aplicação utilizados na técnica 1 (A) e técnicas 2 e 3 (B). ....   | 15 |
| <b>Figura 5.</b> Condições de temperatura e umidade relativa do ar durante a pulverização de diferentes técnicas de aplicação.....  | 17 |
| <b>Figura 6.</b> Box-plot representando o depósito relativo (%) no estrato inferior, médio e superior da cultura do tomateiro em função das três técnicas de aplicação. ....                                | 25 |
| <b>Figura 7.</b> Box-plot do depósito relativo (%) no estrato inferior, médio e superior da cultura do tomateiro em função do local de coleta. ....   | 27 |
| <b>Figura 8.</b> Cobertura (%) nas superfícies abaxial e adaxial das folhas do tomateiro nos estratos inferior, médio e superior em função das três técnicas de aplicação.....                              | 28 |
| <b>Figura 9.</b> Cobertura (%) nos estratos inferior, médio e superior (a), nas superfícies abaxial e adaxial das folhas do tomateiro (b) e na parte interna e externa das plantas (c).....                 | 29 |
| <b>Figura 10.</b> Índice de Qualidade da Aplicação (IQA) na parte interna e externa de coleta no dossel, dos estratos superior, médio e inferior do tomateiro em função de três técnicas de aplicação. .... | 30 |
| <b>Figura 11.</b> Perda relativa para o solo na linha e entre linhas, em função de diferentes técnicas de aplicação. ....   | 32 |
| <b>Figura 12.</b> Depósito ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) transpassado nos fios de nylon localizados nas linhas adjacentes a pulverização .....  | 33 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| <b>Eq.1.</b> Taxa de aplicação ( $L\ ha^{-1}$ ) ..... | 16 |
| <b>Eq.2.</b> Volume de calda retido no alvo .....     | 18 |
| <b>Eq.3.</b> Depósito teórico .....                   | 19 |
| <b>Eq.4.</b> Depósito relativo.....                   | 19 |
| <b>Eq.5.</b> Índice da qualidade da aplicação .....   | 20 |
| <b>Eq.6.</b> Perda teórica total .....                | 21 |
| <b>Eq.7.</b> Perda relativa .....                     | 21 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 1  |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 3  |
| 2.1. Tecnologia de Aplicação em Cultivo Protegido.....                             | 3  |
| 2.2. Cultura do Tomateiro .....  | 5  |
| 2.2.1. Cultivo de tomate em ambiente protegido.....                                | 6  |
| 2.3. Qualidade da Aplicação.....   | 7  |
| 2.4. Perdas na Aplicação.....  | 9  |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....   | 11 |
| 3.1. Delineamento Experimental .....   | 11 |
| 3.2. Determinação do Índice de Área Foliar (IAF).....                              | 13 |
| 3.3. Técnicas de Aplicação .....   | 14 |
| 3.4. Avaliação da Qualidade da Aplicação.....                                      | 17 |
| 3.4.1. Avaliação de depósito.....  | 18 |
| 3.4.2. Avaliação da distribuição de gotas nas folhas (cobertura) .....             | 19 |
| 3.4.3. Índice da qualidade da aplicação (IQA) .....                                | 20 |
| 3.5. Avaliação de perdas para o solo .....   | 20 |
| 3.6. Avaliação do volume transpassado para linha adjacente.....                    | 22 |
| 3.7. Análise Estatística .....   | 22 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 24 |
| 4.1. Avaliações da Qualidade da Aplicação .....                                    | 24 |
| 4.2. Perda Relativa para o Solo e Volume Transpassado para a Linha Adjacente ..... | 31 |
| 5. CONCLUSÕES.....   | 34 |
| 6. REFERÊNCIAS .....   | 35 |

## 1. INTRODUÇÃO

A técnica usada na aplicação de produtos fitossanitários é definida pela combinação de fatores como, tipo de pulverizador, taxa da aplicação, tamanho de gotas e pressão de trabalho. No entanto, sua escolha nem sempre é simples, pois há inúmeras variáveis envolvidas, por exemplo, as condições ambientais no momento da aplicação, as características do cultivo, o posicionamento do alvo em relação à cultura e o modo de ação do produto fitossanitário.

De modo particular, a aplicação de produtos fitossanitários para controle de pragas e doenças é um dos maiores desafios relacionados à horticultura em cultivo protegido (LLOP et al., 2015). Nesse setor é comum a realização de aplicações com equipamentos manuais de baixa tecnologia, em que a qualidade da aplicação depende principalmente da habilidade do operador (SÁNCHEZ - HERMOSILLA et al., 2011; SÁNCHEZ - HERMOSILLA et al., 2013). Como exemplo, a aplicação com bastão, comumente utilizada em sistemas semiestacionários ou pulverizadores costais, em que o operador direciona manualmente o jato de aplicação no dossel da cultura, por meio de oscilação vertical do bastão simultaneamente ao deslocamento do operador.

Além das limitações relacionadas ao equipamento, é comum o uso de altas taxas de aplicação (volume/área). Alguns agricultores relatam que se sentem mais confiantes com relação à qualidade da aplicação quando conseguem visualizar o molhamento das gotas sobre o dossel da cultura após a operação (DERKSEN et al., 2008).

A utilização de volume superior a capacidade de retenção pelo alvo, pode levar ao escorrimento da calda aplicada para as folhas inferiores, atingindo posteriormente o solo (CHAIM et al., 1999a). Sánchez- Hermosilla et al. (2011) relatam que aplicações com barra de pulverização vertical e taxa de 1000 L ha<sup>-1</sup> na cultura do tomateiro proporcionaram depósito semelhante à taxa de 1800 L ha<sup>-1</sup> com o método convencional (bastão), mostrando que é possível reduzir o volume/área com o aperfeiçoamento das técnicas de aplicação.

Um parâmetro que pode auxiliar na escolha da taxa de aplicação é o estágio de desenvolvimento da cultura (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2013; PERGHER e PETRIS, 2008). No entanto, as informações contidas nos rótulos dos produtos fitossanitários muitas vezes não auxiliam de forma efetiva na tomada de decisão quanto à escolha da taxa de aplicação, não havendo recomendações específicas que levam em consideração o estágio de desenvolvimento das culturas (DERKSEN et al., 2008). Devido a este problema, diversos

autores têm desenvolvido métodos com objetivo de relacionar o volume de aplicação com a geometria do dossel das culturas (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2013; PERGHER e PETRIS, 2008; DAMMER et al., 2008). Como exemplo, já existe equipamento de pulverização que quantifica em tempo real estes parâmetros e estabelece a taxa de aplicação fazendo sua correção automática (GIL et al., 2007), entretanto, de alto custo e baixo acesso.

As dificuldades acima são inerentes à cultura do tomateiro, que entre as culturas cultivadas em ambiente protegido, é uma das mais susceptíveis a pragas e doenças (REIS FILHO et al., 2009; GOMES et al., 2012). Assim a aplicação de produtos fitossanitários se torna uma prática periódica, podendo atingir frequência de até duas aplicações semanais (REIS FILHO et al., 2009).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade da aplicação e as perdas de produtos fitossanitários na cultura do tomateiro cultivado em ambiente protegido com diferentes técnicas de aplicação.

Os objetivos específicos foram: Avaliar a deposição e a cobertura de produtos fitossanitários no tomateiro proporcionadas por duas técnicas de pulverização com barra vertical e uma com método convencional (bastão); Avaliar a deposição e a cobertura de produtos fitossanitários na parte interna e externa do dossel do tomateiro; Avaliar a cobertura da aplicação nas superfícies adaxial e abaxial das folhas do tomateiro; Desenvolver um Índice de Qualidade da Aplicação (IQA) que leve em consideração a deposição, a cobertura, a taxa de aplicação e o Índice de Área Foliar da cultura (IQA); Avaliar as perdas para o solo na linha e entrelinha do tomateiro proporcionadas por duas técnicas de pulverização com barra vertical e uma com método convencional (bastão) e avaliar o volume da calda que transpassa para linha adjacente a linha pulverizada, proporcionado por duas técnicas de pulverização com barra vertical e uma com método convencional (bastão).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Tecnologia de Aplicação em Cultivo Protegido**

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos campos mais multidisciplinares da agricultura, uma vez que envolve o controle de insetos e ácaros, plantas daninhas e agentes patogênicos, considerando aspectos da biologia, química, engenharia, ecologia, sociologia e economia (FERREIRA, 2006). Devido ao fato de estar relacionada com diversos fatores que influenciam o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas, de maneira direta ou indireta, deveria ser uma das áreas mais consideradas em pesquisas e investimentos no setor agrícola (BONADIMAN, 2008).

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é baseada na utilização de todo o conhecimento científico necessário para a correta colocação dos produtos fitossanitários biologicamente ativos no alvo, em quantidade suficiente, de maneira econômica e com o mínimo de contaminação ambiental possível (MATUO, 1990).

O sucesso da aplicação está diretamente relacionado aos fatores: seleção de pontas, ajuste da taxa de aplicação, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação (FARINHA et al., 2009). Para a definição da técnica a ser utilizada, deve-se levar em consideração a interação entre diversos fatores como, condições climáticas, características dos produtos fitossanitários, características do alvo e fatores referentes à máquina como ponta de pulverização e pressão de trabalho (ANTUNIASSI, 2012; RAMOS, 2000). Entretanto, o domínio da técnica é fundamental para todos os envolvidos no processo para que a aplicação seja realizada com segurança ambiental, social e humana, bem como a obtenção de resultados agronômicos positivos (AZEVEDO e FREIRE, 2006).

O controle de pragas e doenças é considerado um dos maiores desafios da horticultura em ambiente protegido (LLOP et al., 2015). As condições típicas deste tipo de cultivo, como altas temperaturas e umidade relativa do ar, fazem deste ambiente um agro ecossistema muito específico quando comparado ao campo aberto (CERRUTO et al., 2009; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011).

Os métodos de aplicação de produtos fitossanitários convencionais utilizados nesta forma de cultivo têm proporcionado baixa deposição do produto aplicado sobre o alvo, distribuição irregular no dossel e altas quantidades de perdas para o ambiente (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012). Além de altos riscos de

contaminação do operador (FOQUÉ et al., 2012; NUYTENS et al., 2004; NUYTENS et al., 2009).

Em cultivo protegido, as aplicações são realizadas na maioria das vezes por sistemas manuais de baixa tecnologia, como o bastão, em que a qualidade da aplicação depende principalmente da habilidade do operador (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2013). Entretanto, diversas pesquisas mostram que a equipamentos de aplicação com barra vertical podem otimizar a aplicação (BRAEKMAN et al., 2010; SÁNCHEZ - HERMOSILLA et al., 2012; FOQUÉ et al., 2012).

No tomateiro cultivado em ambiente protegido, a aplicação com barra vertical proporcionou depósito 40% maior que o bastão usando pontas de jato plano simples e 34% maior usando jato plano com indução de ar e reduziu em ambos aproximadamente 54% as perdas para o solo (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012). Estudos conduzidos na cultura do tomateiro e do morango, também obtiveram maiores depósitos com utilização de barra vertical, porém a magnitude dessas diferenças foi dependente da ponta de pulverização utilizada (BRAEKMAN et al., 2010).

Os equipamentos de aplicação equipados com barra vertical permitem o deslocamento nas entrelinhas das culturas manualmente (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012) e também podem ser motorizados necessitando do operador (BALONI et al., 2008; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011) ou autônomos (BALSARI et al., 2012; GONZÁLEZ et al., 2009). Os equipamentos de pulverização motorizados apresentam como vantagem o melhor controle da velocidade de trabalho (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011) e especificamente para os autônomos, elimina-se a exposição do operador aos produtos fitossanitários durante as pulverizações (NUYTENS et al., 2004; NUYTENS et al., 2009; GONZÁLEZ et al., 2009).

Um dos motivos que dificulta a expansão da utilização dos equipamentos de pulverização motorizados e/ou automatizados em cultivo protegido é a limitação imposta pelas estruturas das casas de vegetação, que dificultam o deslocamento de sistemas mecanizados em seu interior (NUYTENS et al., 2004), além de alto custo de aquisição (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011).

Algumas pesquisas apresentam diferenças com relação à configuração do equipamento de pulverização. Nuytens et al. (2004) estudaram o efeito do espaçamento entre bicos na barra de pulverização em aplicações nas culturas do tomateiro e pimenta e estabeleceram que o espaçamento de 0,35 m apresenta melhor uniformidade de distribuição do que 0,50 m. Van Os et al. (2005) ao estudarem os efeitos da pressão de pulverização no

tomateiro, concluíram que a redução da pressão de 1500 para 500 kPa manteve a mesma deposição no dossel e reduziu as perdas para solo. Também no tomateiro, Lee et al. (2000) observaram que a uniformidade entre a deposição na superfície abaxial e adaxial das folhas melhoraram com a inclinação das pontas de pulverização em 45° para cima, como também com a utilização de assistência de ar.

## 2.2. Cultura do Tomateiro

A cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é originária da América do Sul, mais especificamente entre o Equador e o norte do Chile, encontrando-se muitas espécies desde o litoral do Pacífico até uma altitude de 2.000 m nos Andes (GOTO, 1998).

O tomateiro é considerado uma hortaliça de larga adaptação climática, sendo que 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). Entretanto, o ideal é que haja um gradiente de temperatura entre o dia e a noite. Temperaturas diurnas de 20 a 25 °C e noturnas de 13 a 18 °C são favoráveis ao crescimento e produção de frutos (ALVARENGA, 2013). Em condições adversas, principalmente de temperatura e umidade relativa, a aparência, sabor e coloração dos frutos para consumo *in natura* pode ser afetada, reduzindo a aceitação no mercado consumidor (VIVIAN et al., 2008).

O tomate é uma das hortaliças mais importantes do mundo (ALVARENGA, 2013), constituindo importante produto para o comércio *in natura* e de processados (SOUZA et al., 2014). No Brasil, a tomaticultura encontra-se disseminada por todo território, sendo os principais centros de produção para os tomates de mesa a região Sudeste e para indústria a região Centro-Oeste (SOUZA et al., 2014). No ano de 2016 foram produzidos no Brasil 4.169.447 toneladas de tomate, com área plantada de 64.830,0 hectares (IBGE, 2017).

Apesar do potencial produtivo que a cultura apresenta, ela é exigente em cuidados, uma vez que está sujeita a uma grande quantidade de doenças e pragas, desde a semeadura até a colheita (ALVARENGA, 2013). O que faz do tomateiro uma das culturas mais desafiantes para produzir sem o uso de produtos fitossanitários (ALVES et al., 2010)

A cultura exige grandes investimentos em produtos fitossanitários (TEIXEIRA et al., 2005), com gasto médio de R\$ 3.961,67 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2015).

Pesquisa realizada no Estado de Goiás mostrou que a aplicação de produtos fitossanitários é uma prática periódica, podendo atingir frequência de até duas aplicações semanais (REIS FILHO et al., 2009). Outros autores relatam a ocorrência de até três aplicações semanais em condições ambientais propícias ao desenvolvimento de pragas e doenças (WANSER et al., 2008). Apesar do alto uso de produtos fitossanitários na cultura do tomate, existe carência de informações sobre a forma de tornar o controle mais eficiente (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012).

### **2.2.1. Cultivo de tomate em ambiente protegido**

O sistema de cultivo em ambiente protegido vem aumentando no Brasil, principalmente a partir da década de 90 (ALVARENGA, 2013).

Existem diversas configurações para construção de estruturas de ambiente protegido para cultivo de vegetais, com vários materiais de estrutura, cobertura e proteção lateral, apresentando custos diferenciados em função da tecnologia empregada (COSTA e LEAL, 2011). No Brasil, o plástico (polietileno de baixa densidade) é o material mais utilizado para cobertura (PURQUERIO e TIVELII, 2009).

Este sistema de produção tem sido um fator relevante para o aumento da produtividade e qualidade do fruto colhido na cultura do tomateiro (KIRDA et al., 2003; CARVALHO e TESSARIOLI, 2005; REIS et al., 2013). Reis et al. (1991), avaliando nove cultivares de tomate em ambiente protegido e em condições de campo, observaram que entre as cultivares avaliadas, seis apresentaram maior rendimento, na média chegando a 52%, quando comparadas ao cultivo no campo.

Ganhos em produção são obtidos devido a maior proteção de fatores climáticos, como: excesso de chuvas, granizo, baixas temperaturas, geadas e proteção do solo contra a lixiviação (VIDA et al., 2001; CUNHA et al., 2002; CARRIJO et al., 2004), minimização de efeitos negativos ocasionados por variações bruscas de temperatura, umidade relativa e irradiância excessiva (CARVALHO et al., 2004), além de possibilitar o cultivo fora de época (FACTOR et al., 2008).

Os ataques de pragas e doenças são consideráveis mesmo em ambiente protegido, o microclima neste ambiente pode propiciar o desenvolvimento desses agentes que causam danos às culturas (ALVARENGA, 2013). Isto ocorre devido a fatores como, maior crescimento vegetativo das plantas, maior densidade de plantio, menor luminosidade, menor

aeração e maior período de permanência de água na superfície foliar (VIDA et al., 2001). Apesar do ambiente de cultivo protegido geralmente ser mais favorável ao crescimento e produção das plantas, as mudanças nas variáveis climáticas causam alterações na fisiologia e morfologia das plantas, podendo torna-las mais susceptíveis a infecção por patógenos (VIDA et al., 2004).

A aplicação de produtos fitossanitários é o método de controle mais utilizado para combater pragas e doenças em cultivo protegido (VIDA et al., 2004; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011). Porém, de maneira geral, é comum dar muita importância ao produto fitossanitário e pouca atenção à técnica de aplicação, o que pode reduzir a eficiência de controle, além de causar danos ao ambiente e à saúde humana (CUNHA e RUAS, 2006).

As aplicações de produtos fitossanitários em ambiente protegido pelos métodos tradicionais são ineficientes, aumentando a necessidade de pulverizações com maior frequência, muitas vezes com o mesmo ingrediente ativo (FOQUÉ et al., 2012), fator muito preocupante para a cultura do tomate, principalmente devido a este ser uma hortaliça que pode ser consumida *in natura* (VIEIRA et al., 2014). Desta forma, as aplicações de produtos fitossanitários em ambiente protegido devem ser feitas com racionalidade, com conhecimento dos benefícios e riscos, buscando tirar o máximo proveito (VIDA et al., 1998).

### 2.3. Qualidade da Aplicação

A eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de produto depositado, mas também, da uniformidade de cobertura do alvo (McNICHOL et al., 1997; LLOP et al., 2015). De maneira geral, quanto menor o tamanho da gota produzida na pulverização, maior é o percentual de cobertura do alvo, porém, maior é o risco de perdas por evaporação e deriva (CUNHA, 2003), principalmente em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar (TEIXEIRA, 1997). Desta forma, apesar da utilização de gotas finas proporcionar melhor cobertura, dependendo dos efeitos climáticos, deve se priorizar o uso de gotas médias ou grossas (MATTHEWS, 1992).

Como principais fatores que alteram o tamanho das gotas na pulverização, destacam-se a pressão de trabalho e o tipo de ponta de pulverização (WOMAC, 1999; SCHNEIDER et al., 2013). De maneira geral, o aumento da pressão de trabalho reduz o tamanho de gotas, porém este fator é dependente do tipo de ponta de pulverização. Cunha et al. (2007) concluíram que a variação da pressão de pulverização apresenta maior influência no

espectro de gotas gerado por pontas de jato plano e menor influência em pontas de jato cônico vazio, e ainda, o incremento da vazão nominal, aumenta o tamanho de gotas para ambas as pontas.

O espectro de gotas gerado pela pulverização também sofre influência da composição da calda de aplicação (CUNHA et al., 2010; OLIVEIRA, 2011). Como exemplo, a adição de alguns adjuvantes redutores da tensão superficial à calda de aplicação, podem aumentar a porcentagem de gotas finas (BUTLER-ELLIS et al., 2001).

Segundo Boller et al. (2007), a necessidade de cobertura do alvo é dependente do tipo de produto aplicado e do seu modo de ação sobre os agentes biológicos (pragas, doenças ou plantas daninhas). Maior cobertura e distribuição das gotas de pulverização são desejadas principalmente na utilização de produtos de contato (CUNHA et al., 2005). Fungicidas sistêmicos são mais eficazes em condições de menor cobertura em comparação aos de contato, contudo deve-se levar em conta que, mesmo denominados sistêmicos, costumam apresentar apenas movimento translaminar em várias culturas, reforçando a importância da tecnologia de aplicação (BOLLER et al., 2007).

Pesquisas realizadas na cultura do tomate estaqueado e rasteiro mostraram que a deposição no dossel não foi uniforme e variou de 29 a 66% de acordo com o porte das plantas (CHAIM et al., 1999a; CHAIM et al., 1999b). Na cultura do algodão, a deposição foi decrescente da região apical para a basal, considerando deposição média das três pontas testadas no estudo, TXVK-8, TXVK-4 e TJ-60 8002, em que 45% da aplicação fica retida na região apical, 18% na região mediana e 7% na região basal (SCRAMIN et al., 2002).

Na cultura do tomateiro em ambiente protegido, Braekman et al. (2010) ao avaliarem o depósito proporcionado por cinco pontas de pulverização, observaram melhores resultados para as pontas XR 11003 e AVI-TWIN 11002, seguidas pela DG 11002 e os piores resultados para XR 11002 e ATR 3.0.

Também em cultivo protegido, maiores depósitos tem sido observados em aplicações com barras na vertical quando comparados com o bastão, equipamento muito utilizado em cultivo protegido (BRAEKMAN et al., 2010; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012).

## 2.4. Perdas na Aplicação

As perdas de produtos fitossanitários para áreas distintas têm gerado críticas e grandes preocupações com relação a danos econômicos e ambientais (CHAIM et al., 1999b). Estes fatos, ressaltam a importância de trabalhos sobre avaliação de perdas de produtos fitossanitários (PERMIM et al., 1992; ABI SAAB et al., 2002).

O uso inadequado dos produtos fitossanitários causa preocupação devido à contaminação de outros ambientes, sendo a deriva o principal fator que acarreta este problema (COSTA et al., 2007). Como exemplo, foi constatado mortalidade de 100% em abelhas melíferas (*Apis florea* F. e *Apis melipona* L.) quando atingidas pela deriva de inseticidas fosforados (SORTHIA e CHARI, 1985).

É conceituado como deriva tudo aquilo que não atinge o alvo na aplicação de produtos fitossanitários (MATUO, 1990). Antuniassi (2009) cita que o termo deriva foi dividido em dois tipos principais: exoderiva e endoderiva. Quando a perda se dá para locais fora da área alvo em que a aplicação foi realizada, esta é conhecida como exoderiva, como exemplo, as gotas carregadas pelas correntes de ar ou pelo vento. Quando essa perda se dá na própria área alvo em que ocorreu a aplicação, na forma de escorrimento, por exemplo, essa é caracterizada como endoderiva.

Mais de um terço dos produtos fitossanitários utilizados na agricultura podem atingir o solo durante a aplicação (COURSHEE, 1960). Na cultura do tomate rasteiro foi verificado perdas para o solo entre 8 e 37% e perdas por exoderiva e evaporação entre 15 e 49%, sendo que as maiores porcentagens de exoderiva e evaporação ocorreram em situações de umidade relativa abaixo de 40% e ventos com velocidades superiores a  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  (CHAIM et al., 1999b).

No tomate estaqueado foram encontradas perdas entre 59 e 76%, com piores resultados nos tratamentos em que as plantas estavam com menor porte, levando a conclusão que o tamanho da planta influencia no processo de perdas nesta modalidade de cultivo (CHAIM et al., 1999a). Na cultura da videira conduzida em forma de espadeira, foi constatado perdas para o solo entre 34 a 49% (PERGHER et al., 1997). Holownicki et al. (2000) afirmam que a pulverização em frutífera é ineficiente, pois mais da metade das doses dos produtos fitossanitários aplicados é perdida.

Um dos fatores que está muito relacionado com as perdas das aplicações é o tamanho de gotas utilizadas. Gotas menores que  $100 \mu\text{m}$  são facilmente arrastadas pelo vento para fora da área de aplicação e perdas por exoderiva (SUMNER, 1997; MURPHY et al.,

2000). Por outro lado, gotas muito grandes, maiores que 800  $\mu\text{m}$ , podem ser perdidas por escorrimento, caracterizando uma forma de endoderiva (LEFEBVRE, 1993).

Fatores como a elevada pressão de pulverização e alta taxa de aplicação (volume/área) também são frequentemente responsáveis por ocasionar perdas de produtos e contaminação do ambiente (MATUO, 1988). Na cultura do tomate cultivado em ambiente protegido foi constatado menor perda com a redução da pressão de 1500 para 500 kPa (VAN OS et al., 2005). Também em cultivo protegido, diversos autores observaram que o equipamento de pulverização influencia nas perdas, sendo que a utilização de barras de pulverização apresenta melhores resultados em comparação ao equipamento tradicional (Bastão) (FOQUÉ et al., 2012; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012).

Existem algumas tecnologias que auxiliam na redução das perdas da aplicação. Como exemplo, a utilização da assistência de ar na cultura da soja promoveu redução significativa da deriva em relação ao equipamento sem assistência de ar, porém as perdas para o solo não apresentaram diferença significativa (BAUER e RAETANO, 2000).

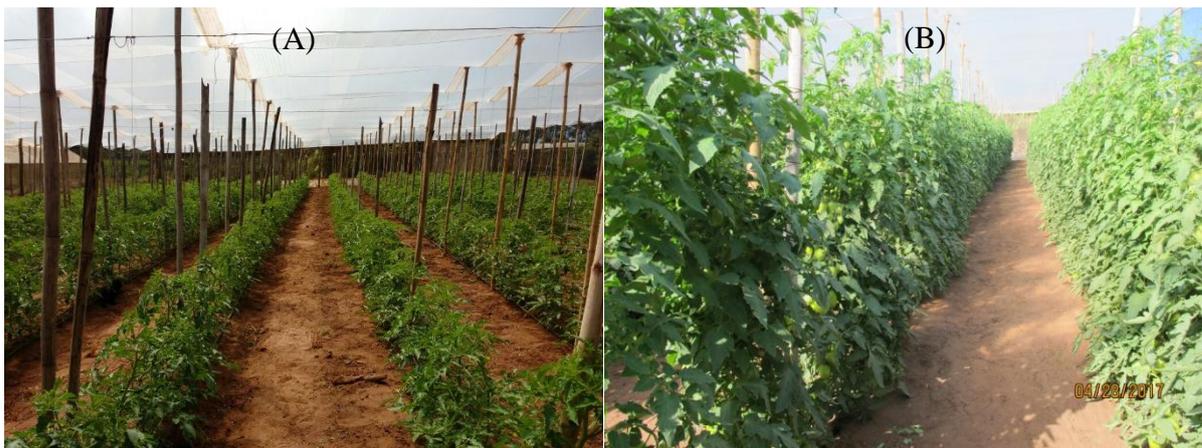
Outra técnica utilizada na redução de perdas é a adição de adjuvantes redutores de deriva, que atuam principalmente no aumento do diâmetro das gotas e diminui a porcentagem de gotas sujeitas ao risco de deriva, proporcionando maior segurança e maior qualidade das aplicações em condições operacionais e ambientais desfavoráveis (CHECHETTO, 2011; OLIVEIRA, 2011; GANDOLFO et al., 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área comercial da cultura do tomateiro cultivado em casa de vegetação, modelo Londrina, de 30 x 20 m (600 m<sup>2</sup>), no município de Santa Cruz do Rio Pardo/SP. O transplante das mudas foi realizado no dia 18 de fevereiro de 2017. Foi utilizado o híbrido PaiPai®, em espaçamento de 0,4 m entre plantas e 1,52 m entre linhas conduzido com uma planta por cova e uma haste por planta, estaqueado na vertical, conforme a Figura 1.

As análises foram realizadas no “Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas” - NITEC, no município de Bandeirantes/PR.

**Figura 1.** Sistema de condução do tomateiro, estaqueado na vertical. Plantas em desenvolvimento inicial (A) e plantas no início de maturação dos primeiros cachos (B).



#### 3.1. Delineamento Experimental

O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram representados por três técnicas de aplicação (Tabela 1).

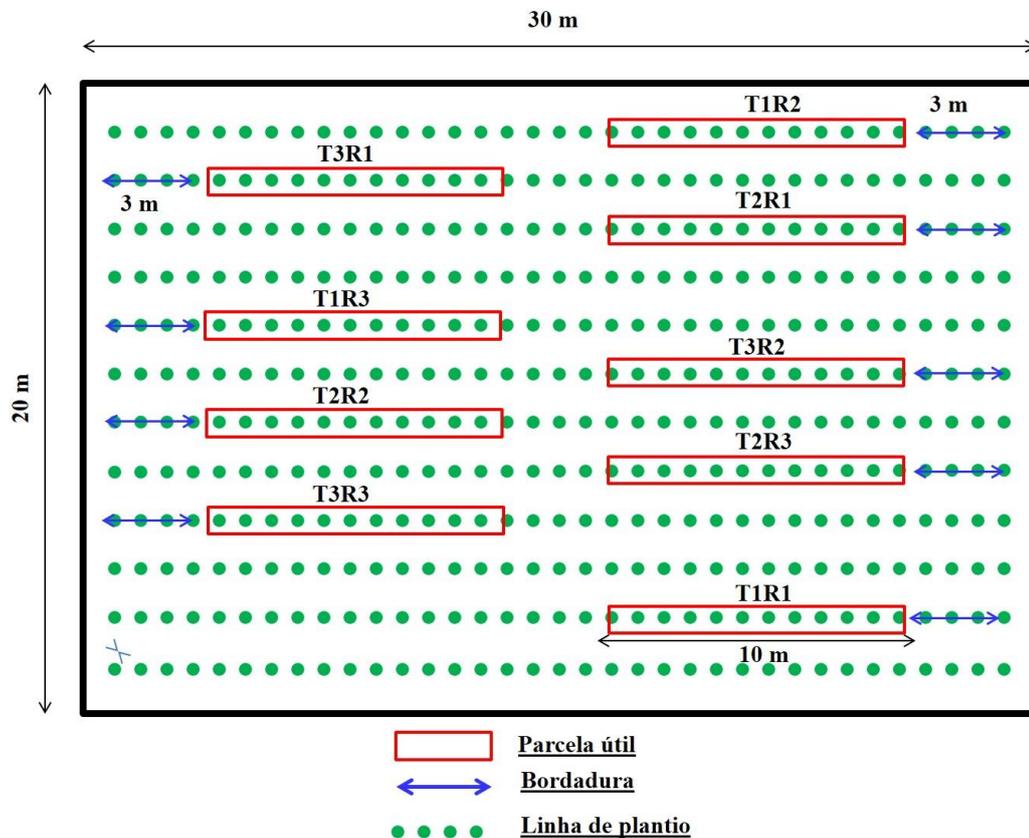
**Tabela 1.** Descrição das técnicas de pulverização avaliadas no tomateiro cultivado em ambiente protegido.

| Técnica | Equipamento de pulverização | Modelo das pontas | Pressão (kPa) | Classe de gotas** | Velocidade (Km h <sup>-1</sup> ) | Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> ) |
|---------|-----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------------------------|---|
| 1*      | Bastão                      | JA-2              | 700           | Fina              | 2,05                             | 618                                     |
| 2       | Barra                       | ATR 0,5           | 700           | Muito Fina        | 3,04                             | 493                                     |
| 3       | Barra                       | AXI 11002         | 400           | Fina              | 2,99                             | 1442                                    |

\*Padrão agricultor \*\*De acordo com o catálogo do fabricante

Em casa de vegetação com 12 linhas de 28 metros de comprimento, as unidades experimentais de 10 m de comprimento no sentido da linha foram distribuídas de forma alternada visando controlar o efeito da pulverização entre as unidades experimentais (Figura 2).

**Figura 2.** Distribuição dos tratamentos na casa de vegetação.



A qualidade das aplicações foi avaliada por meio de depósito relativo (%), cobertura (%) nas folhas e índice de qualidade da aplicação (IQA). As perdas para o solo foram em placas de vidros e o volume transpassado para a linha adjacente a linha de aplicação foi avaliado em fios de nylon.

Para o depósito relativo foi investigado o efeito das técnicas de aplicação e locais de coleta (interno e externo do dossel), utilizando o esquema de parcelas subdivididas, nas parcelas as técnicas de aplicação e nas subparcelas os locais de coleta (interno e externo do dossel).

Para a cobertura foi investigado o efeito das técnicas de aplicação, local de coleta (interno e externo na planta) e também o lado das folhas (adaxial e abaxial), utilizando o esquema de parcelas subdivididas, nas parcelas as técnicas de aplicação, nas subparcelas os locais de coleta e nas subsubparcelas os lados das folhas.

Para as perdas para o solo foi investigado o efeito das técnicas de aplicação e local de coleta no solo (linha e entrelinha), utilizando o esquema de parcelas subdivididas, nas parcelas as técnicas de aplicação e nas subparcelas os locais de coleta.

Para o volume transpassado para a linha adjacente, foi avaliado somente o efeito das técnicas de aplicação.

### **3.2. Determinação do Índice de Área Foliar (IAF)**

Um dia antes da aplicação dos tratamentos constituídos por diferentes técnicas de pulverização, foi determinado o índice de área foliar (IAF) em três pontos escolhidos aleatoriamente na casa de vegetação. Para isto, foram retiradas todas as folhas das plantas de tomate de uma área correspondente a um retângulo na vertical de 0,7 x 2,1 m (Figura 3). Este retângulo foi dividido em três partes iguais (0,7 x 0,7 m) para determinação do IAF em três estratos do dossel da cultura (inferior, médio e superior), conforme a Figura 3. As áreas foliares de cada estrato do dossel foram quantificadas por um sistema de análises de imagens de folhas (Windias<sup>®</sup>).

**Figura 3.** Plantas antes e após a retiradas de folhas para determinação do índice de área foliar do tomateiro.



### 3.3. Técnicas de Aplicação

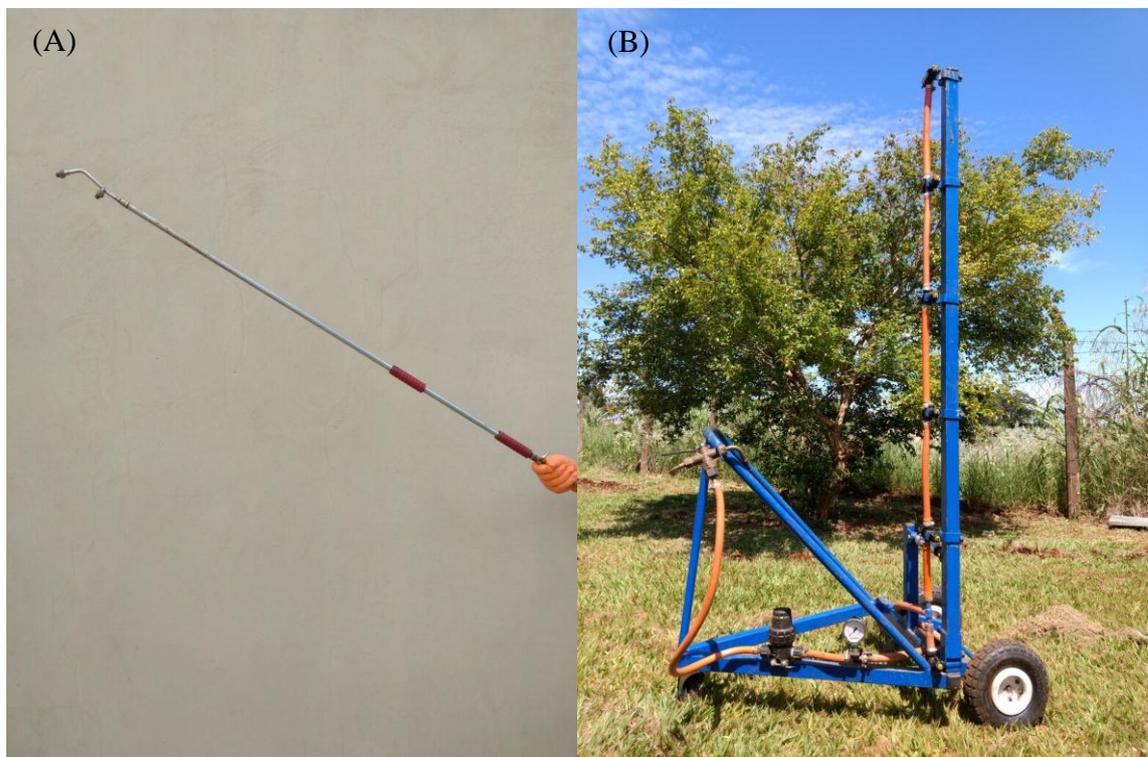
As aplicações dos tratamentos foram realizadas aos 80 dias após o transplante das mudas, quando o tomateiro estava na fase de início de maturação dos primeiros cachos. As três técnicas de aplicação avaliadas foram: Técnica 1 - Padrão agricultor por meio de Bastão com taxa de aplicação de  $618 \text{ L ha}^{-1}$ , duas pontas de jato cone vazio, modelo JA-2 (700 kPa) e velocidade de deslocamento de  $0,57 \text{ m s}^{-1}$ ; Técnica 2 - Barra na vertical com taxa de aplicação de  $493 \text{ L ha}^{-1}$ , 6 pontas de jato cone vazio, modelo ATR 0.5 (700 kPa) e velocidade de deslocamento de  $0,84 \text{ m s}^{-1}$ ; Técnica 3: Barra na vertical com taxa de aplicação de  $1442 \text{ L ha}^{-1}$ , 6 pontas de jato plano simples, modelo AXI 11002 (400 kPa) e velocidade de deslocamento de  $0,83 \text{ m s}^{-1}$ .

A aplicação da técnica 1 foi realizada pelo próprio produtor, mantendo a mesma condição e equipamento (Figura 4A) utilizados em aplicações corriqueiras.

Para aplicação das técnicas 2 e 3 foi desenvolvido um equipamento de rodas para deslocamento na entrelinha do tomateiro, controlado manualmente e com suporte para fixação de uma barra de pulverização na vertical de 1,95 m de comprimento, contendo seis

bicos de pulverização com antigotejador, espaçados a 0,35 m entre si, conforme espaçamento que apresentou melhores resultados em pesquisa realizada por Nuyttens et al. (2004). Na barra de pulverização o primeiro bico foi instalado na altura de 0,20 m em relação ao solo. O equipamento também possui manômetro e filtro de linha (60 mesh), localizados antes da barra de pulverização (Figura 4B).

**Figura 4.** Equipamentos de aplicação utilizados na técnica 1 (A) e técnicas 2 e 3 (B).



A definição da técnica 2, com barra e ponta jato cone vazio ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ) foi fundamentada no princípio de reduzir a taxa de aplicação em comparação as recomendadas nas bulas da maioria dos produtos fitossanitários indicados para a cultura do tomate.

A técnica de aplicação 3, com barra e ponta de jato plano simples ( $1442 \text{ L ha}^{-1}$ ) foi estabelecida em função do IAF da cultura, conforme equação 1, proposta por Pergher e Petris (2008) e adaptada por Sánchez - Hermosilla et al. (2013).

$$V = 2 \cdot 10^2 \cdot d \cdot \frac{IAF}{\varepsilon} \quad Eq. 1$$

Em que:

$V$  = Taxa de aplicação (L ha<sup>-1</sup>)

$d$  = Depósito desejado (μL cm<sup>-2</sup>)

$IAF$  = Índice de área foliar

$\varepsilon$  = Fração depositada no dossel

Os valores utilizados foram ( $d=1,5 \mu\text{L cm}^{-2}$  e  $\varepsilon=0,75$ ), conforme estabelecidos por Sánchez-Hermosilla et al. (2013) em estudos de pulverização na cultura do tomateiro em casa de vegetação. O  $IAF = 3,92$  foi obtido através da soma dos três estratos do dossel do tomateiro (inferior, médio e superior), conforme descrito no item 3.1.

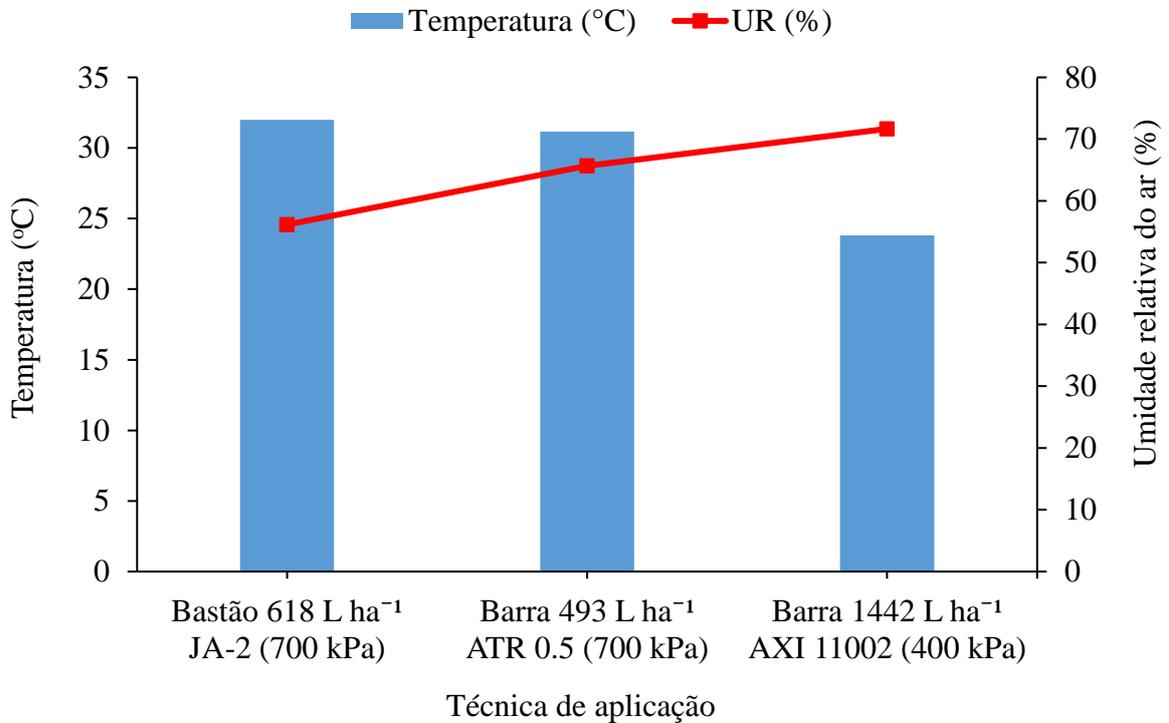
Para a aplicação das diferentes técnicas, os equipamentos (bastão e barra) foram conectados por uma mangueira de 40 m de comprimento e 1/4" de diâmetro a um conjunto motobomba semi-estacionário, constituído de uma bomba de três pistões, marca Yamaho, com capacidade de 18 L min<sup>-1</sup> de vazão acionada por um motor de 3,73 kW a gasolina. O sistema possui controlador de pressão manual, manômetro e retorno ao reservatório de calda com volume de 50 L.

A calda utilizada nas aplicações foi composta por água acrescida dos marcadores Azul Brilhante FD&C-1 (marcador de deposição, perdas para o solo e volume transpassado para a linha adjacente) e Amarelo Fluorescente FD&C Yellow n.5 (marcador de cobertura), ambos na concentração de 6 g L<sup>-1</sup>. Durante sua utilização, a calda foi mantida em agitação constante através do retorno da bomba ao reservatório visando manter a homogeneização da calda.

As aplicações foram realizadas em ambos os lados da linha do tomateiro (direito e esquerdo), representado a forma utilizada na tomaticultura. Em todas as aplicações, foi colocado uma lona plástica nas parcelas vizinhas, para evitar contaminação entre os tratamentos.

No momento de todas as aplicações foram registrados em cada repetição a temperatura e umidade relativa do ar com um termohigrômetro digital, marca ICEL modelo HT-208, conforme apresentado na Figura 5.

**Figura 5.** Condições de temperatura e umidade relativa do ar durante a pulverização de diferentes técnicas de aplicação.



### 3.4. Avaliação da Qualidade da Aplicação

As avaliações realizadas foram a deposição (quantitativa) na qual se analisa a quantidade de produto depositado no alvo e a cobertura (qualitativa), na qual se determina a porcentagem do alvo que foi coberta pelas gotas de pulverização, ambas utilizadas conceitualmente para avaliação da qualidade da aplicação.

Nesta pesquisa sugere-se o desenvolvimento do índice de qualidade da aplicação, que considera a deposição, a cobertura, a taxa de aplicação e o Índice de Área foliar da cultura. Quanto maior este índice, maior evidência de eficiência da uniformidade de distribuição das gotas e quantidade de produtos no alvo.

### 3.4.1. Avaliação de depósito

Para avaliação do depósito da aplicação sobre o tomateiro, cada parcela constituída de 10 metros de comprimento foi dividida em cinco pontos amostrais espaçados de 2 em 2 m. Em cada ponto amostral, o dossel do tomateiro foi dividido em três estratos (inferior, médio e superior) e coletado as folhas da parte externa das plantas dos lados direito e esquerdo da linha e folhas internas das plantas, totalizando 135 folhas nas três parcelas, ou seja, 45 folhas por parcela.

As folhas coletadas foram colocadas individualmente em um saco plástico, posteriormente adicionado 25 mL de água destilada e agitado durante um minuto para remoção do marcador Azul Brilhante. O líquido resultante foi colocado em um recipiente plástico com capacidade de 100 mL e realizado a leitura de absorvância por espectrofotômetro (630 nm), marca Femto®, modelo 600 S. Em seguida as folhas foram retiradas dos sacos plásticos e medida a sua área com a utilização do software Windias®. Por meio da confecção de uma curva padrão (com 17 concentrações da calda conhecidas e os seus respectivos valores de absorvância) foi calculada uma equação linear ( $y = b + ax$ ) para possibilitar a determinação da concentração do corante, em  $\text{mg L}^{-1}$ , em função da absorvância mensurada em cada amostra. De posse dos valores de concentração fora determinada os volumes de calda retidos no alvo, em  $\mu\text{L}$ , pela equação (2).

$$V_i = \frac{C_f \cdot V_f}{C_i} \cdot 1000 \quad \text{Eq.2}$$

Em que:

$C_i$ : concentração do corante na calda ( $\text{g L}^{-1}$ );

$V_i$ : volume capturado pelo alvo ( $\mu\text{L}$ );

$C_f$ : concentração do corante detectada em espectrofotômetro fornecido pela equação linear ( $\text{mg L}^{-1}$ ); e

$V_f$ : volume que foi utilizado na lavagem da amostra (mL).

O volume de calda retido no alvo foi dividido por sua respectiva área foliar ( $\text{cm}^2$ ) para determinação do depósito em volume/área ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), sendo este denominado como depósito efetivo e/ou absoluto.

Também foi calculado o depósito teórico, que representa a deposição fictícia do volume total aplicado de modo totalmente uniforme sobre as plantas e sem perdas, conforme a equação 3.

$$D_{teórico} = \frac{V}{IAF \cdot 10^2} \quad Eq.3$$

Em que:

$D_{teórico}$ : depósito teórico ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ );

$V$ : taxa de aplicação ( $\text{L ha}^{-1}$ ); e

$IAF$ : índice de área foliar (adimensional);

Após o cálculo do depósito teórico, foi determinado o depósito relativo (%), calculado a partir da relação entre depósito efetivo ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) e o depósito teórico ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), representado pela equação 4.

$$D_{relativo} = \frac{D_{efetivo}}{D_{teórico}} \cdot 100 \quad Eq. 4$$

Em que:

$D_{relativo}$ : depósito relativo (%);

$D_{efetivo}$ : depósito efetivo ou absoluto ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ); e

$D_{teórico}$ : depósito teórico ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ).

### 3.4.2. Avaliação da distribuição de gotas nas folhas (cobertura)

Para avaliação da cobertura (%), após a pulverização foram coletadas 135 folhas seguindo o mesmo padrão de coleta utilizado no depósito, porém as folhas coletadas foram armazenadas em sacos de papel. A avaliação foi realizada nas superfícies adaxial e abaxial das folhas, por observação do marcador Amarelo Fluorescente, em ambiente escuro com iluminação ultravioleta (luz negra) utilizando uma escala de 0 a 100%, com intervalos de 10%. Para a confecção da escala foi coletado 50 folhas ao acaso de plantas pulverizadas nas mesmas condições do ensaio, e em seguida, selecionado 10 folhas com cobertura em intervalos

de 10% em 10%, 0% correspondendo à mínima e 100% a máxima cobertura obtida pelas diferentes técnicas de aplicação.

### 3.4.3. Índice da qualidade da aplicação (IQA)

O índice da qualidade da aplicação (IQA) desenvolvido nesta pesquisa foi calculado através da equação 5, que leva em consideração a taxa de aplicação, a deposição, a cobertura e o índice de área foliar da cultura. Com relação à cobertura, como a avaliação foi realizada nas superfícies adaxial e abaxial das folhas, considerou-se a média entre ambas superfícies para o cálculo do IQA.

$$IQA = \frac{D_{efetivo}}{IAF \cdot 10^2} \cdot C \quad Eq. 5$$

Em que:

$IQA$  = Índice da qualidade da aplicação;

$D_{efetivo}$  = depósito efetivo ou absoluto ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ );

$V$ : taxa de aplicação ( $\text{L ha}^{-1}$ );

$IAF$ : índice de área foliar (adimensional);

$C$  = Cobertura (%)

### 3.5. Avaliação de perdas para o solo

As perdas para o solo foram avaliadas com placas de vidro (10 x 20 cm) dispostas sobre o solo em intervalos equidistante de 1 m. Em cada unidade amostral, foram dispostas 10 placas posicionadas na linha do tomateiro abaixo das plantas e 10 na posição central da entrelinha adjacente à linha de pulverização, totalizando 60 placas por tratamento.

As placas foram colocadas antes da pulverização do lado esquerdo da linha e retiradas antes da pulverização do lado direito, dessa forma as perdas coletadas foram referentes à pulverização de apenas uma das laterais do tomateiro, por isso, esse valor foi multiplicado pela constante 2, para representar o volume de calda correspondente à aplicação em ambas as laterais da cultura.

Após a aplicação, as placas foram colocadas individualmente em recipientes de plástico rígido, adicionado 75 mL de água destilada e logo em seguida realizada a agitação por um minuto para remoção do marcador Azul Brilhante. A metodologia utilizada para quantificação da deposição no solo foi à mesma utilizada para a quantificação do depósito nas folhas.

O volume coletado foi dividido pela área das placas de vidro (200 cm<sup>2</sup>) para determinação do volume/área (μL cm<sup>-2</sup>), sendo este denominado nesta pesquisa como perda efetiva ou absoluta.

Também foi calculado a perda teórica total, que representa a deposição fictícia do volume total aplicado de modo totalmente uniforme sobre as placas ou solo, conforme a equação 6.

$$P_{teórica\ total} = \frac{V}{10^2} \quad Eq. 6$$

Em que:

$P_{total}$ : perda teórica total (μL cm<sup>-2</sup>); e

$V$ : taxa de aplicação (L ha<sup>-1</sup>).

Após o cálculo da perda teórica total, foi determinada a perda relativa para o solo (%), calculada a partir da relação entre a perda efetiva ou absoluta (μL cm<sup>-2</sup>) e a perda teórica total (μL cm<sup>-2</sup>), representada pela equação 7.

$$P_{relativa} = \frac{P_{efetiva}}{P_{teórica\ total}} \cdot 100 \quad Eq. 7$$

Em que:

$P_{relativa}$ : perda relativa para o solo (%);

$P_{efetiva}$ : perda efetiva ou absoluta (μL cm<sup>-2</sup>); e

$P_{teórica}$ : perda teórica total (μL cm<sup>-2</sup>).

### 3.6. Avaliação do volume transpassado para linha adjacente

O volume transpassado foi realizado com objetivo de avaliar o depósito que poderá sobrepor ou somar em uma linha adjacente à linha de aplicação. Esta coleta foi realizada colocando na entrelinha adjacente da linha de tráfego do equipamento de pulverização quatro fios de polietileno com dimensões de 2 mm de diâmetro e 30 m de comprimento. Os fios foram fixados em quatro suportes de ferro, nas alturas de 0,2, 0,7, 1,2 e 1,7 m em relação ao solo, posicionados em um plano perpendicular ao solo, paralelo à entrelinha do tomateiro e distante 1,4 m da linha de plantas pulverizadas.

Os fios foram colocados antes da pulverização do lado esquerdo da linha do tomateiro e retirados antes da pulverização do lado direito, desta forma o depósito coletado pelos fios foi referente à pulverização de apenas uma das laterais do tomateiro, por isso, esse valor foi multiplicado pela constante 2, para representar o volume de calda correspondente à aplicação em ambas as laterais da cultura.

Após a aplicação, os fios retirados foram cortados em pedaços de 0,2 m com o auxílio de uma tesoura e pinça, e colocados em sacos plásticos (0,3 x 0,4 m), adicionado 100 mL de água destilada e realizado a agitação por um minuto visando remover o marcador Azul Brilhante. A metodologia utilizada para quantificação da quantidade de calda ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) depositada nos fios foi semelhante à utilizada para a quantificação do depósito nas folhas e placas. Depois de calculada a quantidade de calda depositada nos fios os valores foram divididos pela área do fio ( $1883,98 \text{ cm}^{-2}$ ) para obter o volume transpassado em  $\mu\text{L cm}^{-2}$ .

### 3.7. Análise Estatística

Para todos os dados foi realizada uma análise descritiva e exploratória baseada nas características de posição, dispersão e presença de “outliers”.

Os dados do lado esquerdo e direito para o depósito relativo e cobertura não apresentaram diferença significativa, portanto, realizou-se a média para cada ponto de coleta.

Para os dados de depósito foi analisado o efeito das técnicas de aplicação e local de coleta no dossel. Foi utilizado a análise de variância e aplicado o teste de médias SNK ( $p < 0,05$ ). Os dados representados por meio de Box-Plot.

Para cobertura foi analisado o efeito das técnicas de aplicação, estratos do dossel e lado do folha. Foi utilizado a análise de variância e as médias comparadas pelo intervalo de confiança (IC<sub>95%</sub>).

Para perdas para o solo foi analisado o efeito das técnicas de aplicação e local de coleta no solo. Foi utilizado a análise de variância e aplicado o teste de médias SNK ( $p < 0,05$ ). Os dados representados por meio de Box-Plot.

Para o volume transpassado para a linha adjacente foi analisado somente o efeito das técnicas de aplicação por meio de análise de variância e as médias comparadas pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). Os dados representados por meio de Box-Plot.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Avaliações da Qualidade da Aplicação

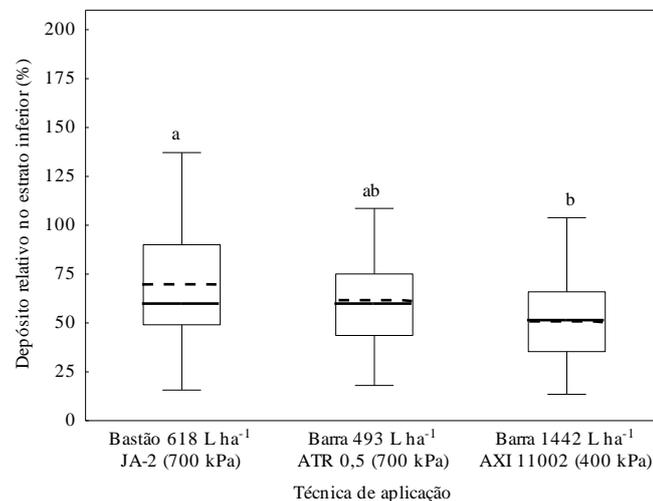
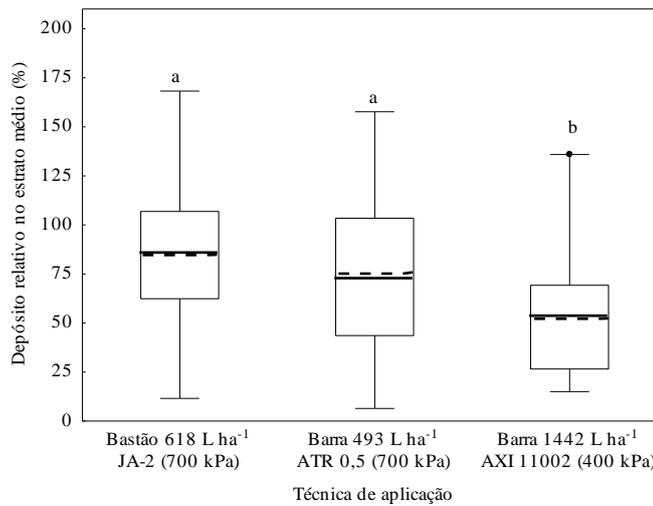
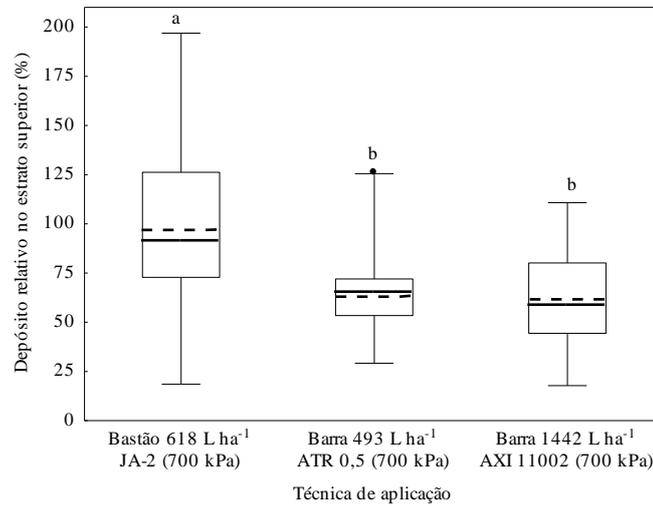
Para o depósito relativo, não houve interação entre as técnicas de aplicação e o local de coleta (interno e externo) no dossel do tomateiro, em todos os estratos, portanto as médias dos fatores foram comparadas separadamente.

Com relação às técnicas, a aplicação com Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ) proporcionou maior deposição que a técnica de aplicação com Barra-AXI 11002 ( $1442 \text{ L ha}^{-1}$ ) em todos os estratos da cultura do tomateiro (Figura 6). Enquanto a técnica de aplicação com a Barra-ATR 0.5 ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ) apresentou comportamento intermediário, sendo igual à técnica de aplicação com a Barra  $1442 \text{ L ha}^{-1}$ , no estrato superior, igual ao Bastão, no estrato médio e não diferiu de ambas às técnicas, no estrato inferior.

Trabalhos que avaliam as diferenças entre as técnicas de aplicação com bastão e barra vertical, apresentam resultados diferentes, ou seja, a barra vertical proporciona maior depósito do que o bastão. Porém estas pesquisas utilizaram configurações e calibrações do bastão diferentes desta pesquisa, principalmente com relação à taxa de aplicação e pressão de trabalho. Como exemplo, a aplicação com o bastão foi realizada na taxa de aplicação de  $1600 \text{ L ha}^{-1}$  e pressão de  $2200 \text{ kPa}$  (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012) e  $1800 \text{ L ha}^{-1}$  na pressão de  $1500 \text{ kPa}$  (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011), podendo possivelmente ter ocorrido perdas devido a elevada pressão (VAN OS et al., 2005) ou ainda, por escorrimento devido a taxa de aplicação (CHAIM et al., 1999a). No presente trabalho, a pressão para o bastão foi de  $700 \text{ kPa}$  e taxa de aplicação de  $618 \text{ L ha}^{-1}$ , menos da metade da pressão e taxa de aplicação usadas nos trabalhos acima citados, o que pode ter contribuído para a deposição com o bastão ser semelhante ao tratamento com Barra-ATR 0.5 ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ) e superior ao Barra-AXI 11002 ( $1442 \text{ L ha}^{-1}$ ).

No estrato superior o Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ) apresentou maior média de depósito relativo em comparação às técnicas com Barra, que não se diferiram entre si. No momento da aplicação, houve oscilação da barra devido à irregularidade do terreno da casa de vegetação, sendo mais acentuada na extremidade superior da barra devido ao ponto de fixação da mesma ser localizado apenas em sua extremidade inferior. Oscilações na barra de aplicação, causadas por irregularidades no terreno, alteram a distância entre a ponta de pulverização e o alvo, afetando a deposição (PONTELLI e MUCHERONI, 2009).

**Figura 6.** Box-plot representando o depósito relativo (%) no estrato inferior, médio e superior da cultura do tomateiro em função das três técnicas de aplicação. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). “Outliers” (•), Média (---), Mediana (—), Amplitude ( $\perp$ ), 25%-75% ( $\square$ ).



No estrato médio, as técnicas de aplicação Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>) e Barra-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>) não diferiram entre si, sendo que ambas proporcionaram maior deposição que a técnica Barra-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>).

Ao comparar apenas as técnicas de aplicação com barra, verifica-se que a técnica com Barra-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>) promoveu deposição semelhante nos estratos inferior e superior da cultura, aumentou a deposição em 21,38% no estrato médio e ainda utiliza menor taxa de aplicação em comparação com a técnica Barra-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>). A utilização de menores taxas de aplicação reduz a quantidade de água em contato direto com os produtos fitossanitários, contribuindo para maior preservação deste recurso, além de reduzir o risco de perdas de ingrediente ativo por escoamento para o solo (RODRIGUES et al., 2011).

Na Figura 7 estão apresentados os resultados de deposição nos estratos inferior, médio e superior em função do local de coleta (interno e externo do dossel das plantas). No estrato superior do tomateiro, não houve diferença de deposição entre as partes interna e externa do dossel. Enquanto, nos estratos médio e inferior, a deposição foi maior na parte externa.

A distribuição e densidade de folhas no dossel do tomateiro é diferente nos estratos do tomateiro, sendo mais concentrada nos estratos inferior e médio. O menor IAF e menor espessura do dossel (ED) no estrato superior facilitou a penetração das gotas e melhorou a distribuição da pulverização, devido a barreira imposta pelas folhas da parte externa do dossel ser menor.

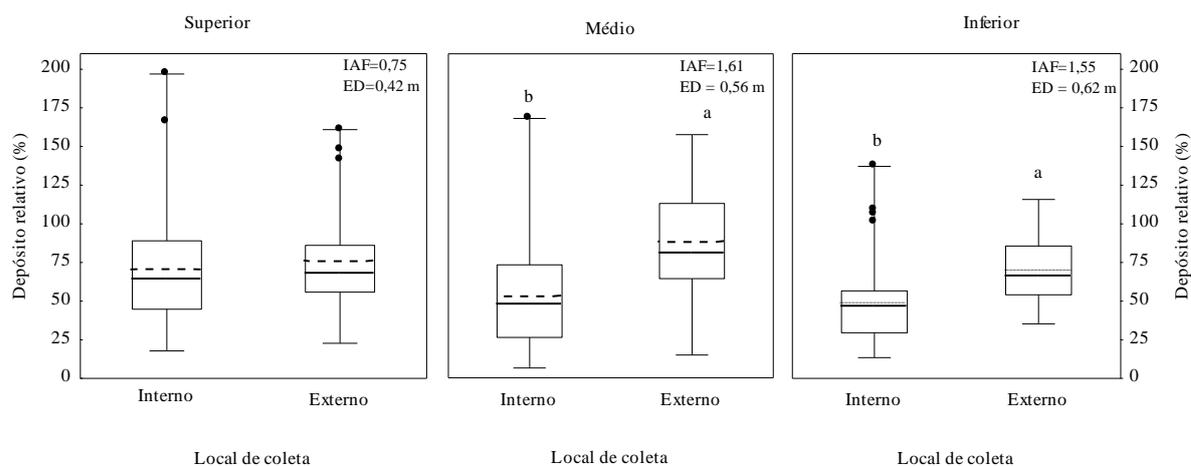
Com relação aos estratos inferior e médio, a diferença entre as médias de deposição da parte exterior do dossel foi de 20,76% e da parte interior foi de 34,49%. Ensaio realizado no tomateiro em ambiente protegido também apresentou menor deposição na parte interna do dossel, sendo que o depósito relativo ficou entre 35,8 e 57,2% nos coletores artificiais colocados na parte externa do dossel e entre 6,8 e 17% na parte interna do dossel (BRAEKMAN et al., 2010).

O menor depósito na parte interna das plantas compromete principalmente em aplicações que visam controlar pragas e doenças que se localizam preferencialmente nesta parte do dossel, como já relatado também por Llop et al. (2015) e Sánchez - Hermosilla et al. (2011).

Estes resultados, ressaltam a importância de pesquisas que busquem desenvolver equipamentos de aplicação que proporcionem melhor penetração de gotas interior do dossel. Algumas pesquisas mostram que a utilização da assistência de ar pode melhorar a deposição na parte interna do dossel, porém o resultado é dependente da correta combinação

com outros fatores, como ponta de pulverização, tamanho de gotas e taxa de aplicação (DERKSEN et al., 2001; LLOP et al., 2015).

**Figura 7.** Box-plot do depósito relativo (%) no estrato inferior, médio e superior da cultura do tomateiro em função do local de coleta no dossel do tomateiro. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). “Outliers” (•), Média (---), Mediana (—), Amplitude ( $\perp$ ), 25%-75% ( $\square$ ).



Na Figura 8 está apresentado o resultado de cobertura (%) das superfícies abaxial e adaxial das folhas do tomateiro nos estratos inferior, médio e superior em função das três técnicas de aplicação. Observa-se que a cobertura das folhas pelas gotas de pulverização, em todos os estratos do tomateiro, a superfície abaxial das folhas apresentou menores resultados em relação à superfície adaxial, independente da técnica de aplicação avaliada. Llop et al. (2015) avaliando o efeito de diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação, com e sem assistência de ar, também concluíram que a cobertura é menor na superfície abaxial em todos os casos avaliados.

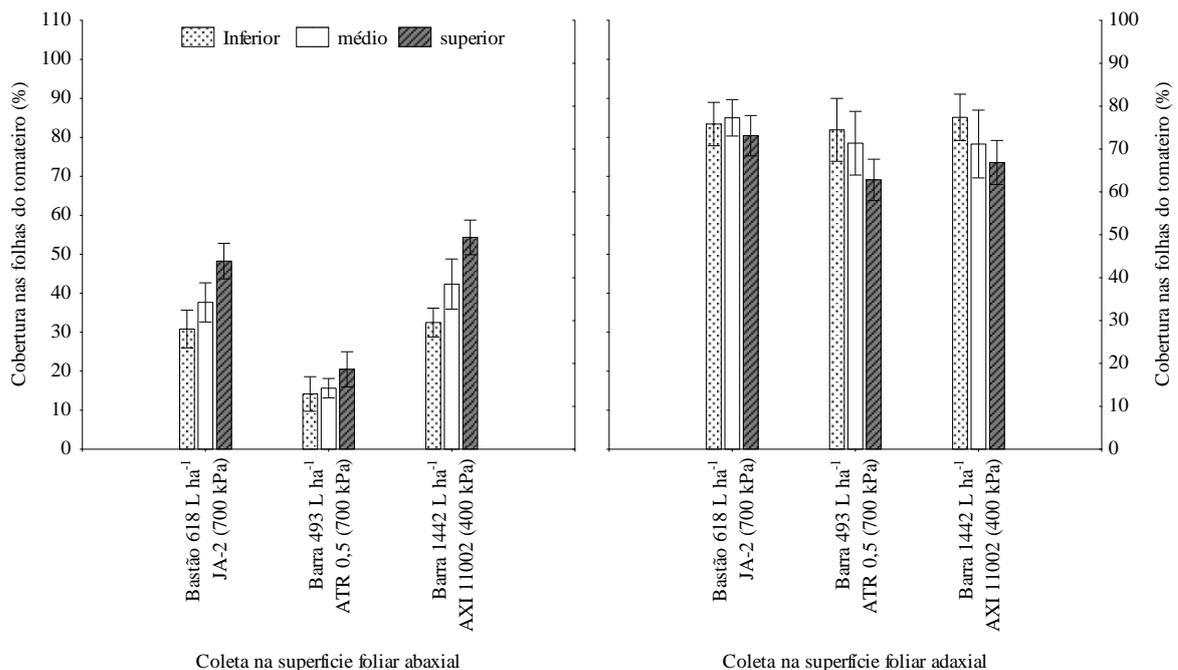
A menor cobertura na superfície adaxial das folhas pode ser limitante principalmente com relação à eficiência de fungicidas de contato, que requerem maior uniformidade de cobertura (CUNHA et al., 2005). A aplicação de fungicidas de contato para o controle preventivo de doenças é frequente na tomaticultura, como exemplo, a aplicação de fungicidas cúpricos (PONTES et al., 2017). Desta forma, esta pesquisa evidência a necessidade de desenvolver e avaliar técnicas e equipamentos de aplicação que melhorem a cobertura na superfície abaxial das folhas do tomateiro.

Com relação às técnicas de aplicação avaliadas nesta pesquisa, em todos os estratos do tomateiro, a técnica de aplicação Barra-ATR 0.5 ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ) apresentou menor cobertura na parte abaxial das folhas, quando comparada as técnicas, Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ) e Barra-AXI 11002 ( $1442 \text{ L ha}^{-1}$ ) que não se diferiram entre si. Já na superfície adaxial das folhas, não houve diferença entre as técnicas de aplicação para a cobertura.

A menor cobertura da superfície abaxial proporcionada pela técnica com Barra  $493 \text{ L ha}^{-1}$  pode estar relacionado ao menor volume de aplicação utilizado por esta técnica, sendo este um dos fatores que interferem na cobertura do alvo (COURSHEE, 1967).

Especificamente para a técnica aplicada com o Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ), a inclinação do jato de pulverização para cima, exercida pelo agricultor em aplicações corriqueiras visando controlar pragas que se localizam na parte abaxial das folhas, pode ter contribuído para maior cobertura em relação à técnica com Barra-ATR 0.5 ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ). Pesquisas realizadas com objetivo de avaliar o efeito do ângulo do jato de pulverização têm mostrado resultados positivos para angulação do jato de pulverização. Como exemplo, a inclinação do jato de pulverização em  $30^\circ$  aumentou a deposição na superfície abaxial das folhas (FOQUE et al., 2014).

**Figura 8.** Cobertura (%) nas superfícies abaxial e adaxial das folhas do tomateiro nos estratos inferior, médio e superior em função das três técnicas de aplicação. As barras representam o intervalo de confiança ( $IC_{95\%}$ ).

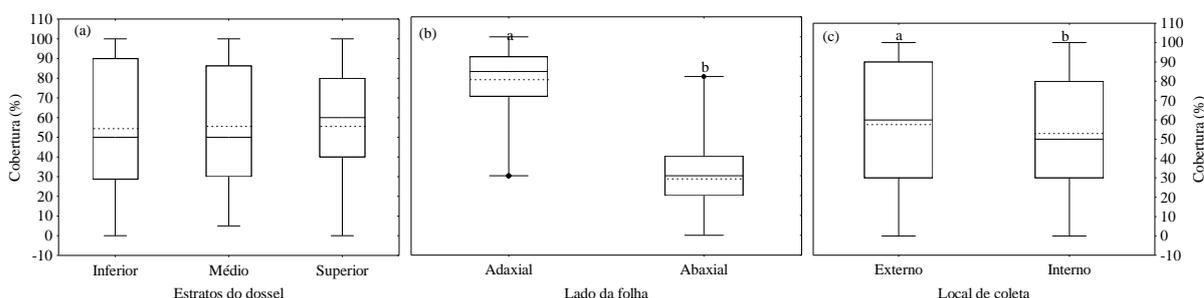


A Figura 9 representa a cobertura nos diferentes pontos amostrais avaliados, independente da técnica de aplicação. Não houve diferença entre os estratos inferior, médio e superior do tomateiro para cobertura (Figura 9a). Comportamento diferente do apresentado em pesquisas realizadas na cultura da soja, em que a cobertura é decrescente do estrato superior para o inferior da cultura devido a barreira promovida pelas folhas do estrato superior que dificultam a distribuição das gotas para os estratos médio e inferior da soja (NASCIMENTO et al., 2013; GRAZIANO et al., 2017). Já na cultura do tomate estaqueado, como a aplicação ser realizada na lateral da cultura, não foi observado diferença entre os estratos.

A Figura 9b representa a média das coberturas nas superfícies foliares abaxial e adaxial do tomateiro, sem levar em consideração as técnicas de aplicação avaliadas. É possível observar que a cobertura média na superfície foliar adaxial foi de 80%, já na abaxial foi 32%.

Houve diferença entre as médias da cobertura nos pontos de coleta interno e externo do dossel do tomateiro, sendo que o ponto externo apresentou maior cobertura em relação ao interno (Figura 9c). A menor cobertura na parte interna da planta está relacionada com a barreira imposta pelas folhas da parte externa da planta, que dificulta a penetração das gotas no dossel do tomateiro.

**Figura 9.** Box-plot da cobertura (%) nos estratos inferior, médio e superior (a), nas superfícies abaxial e adaxial das folhas (b) e na parte interna e externa do dossel do tomateiro (c). Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste t ( $p < 0,05$ ). “Outliers” (•), Média (---), Mediana (—), Amplitude ( $\perp$ ), 25%-75% ( $\square$ ).



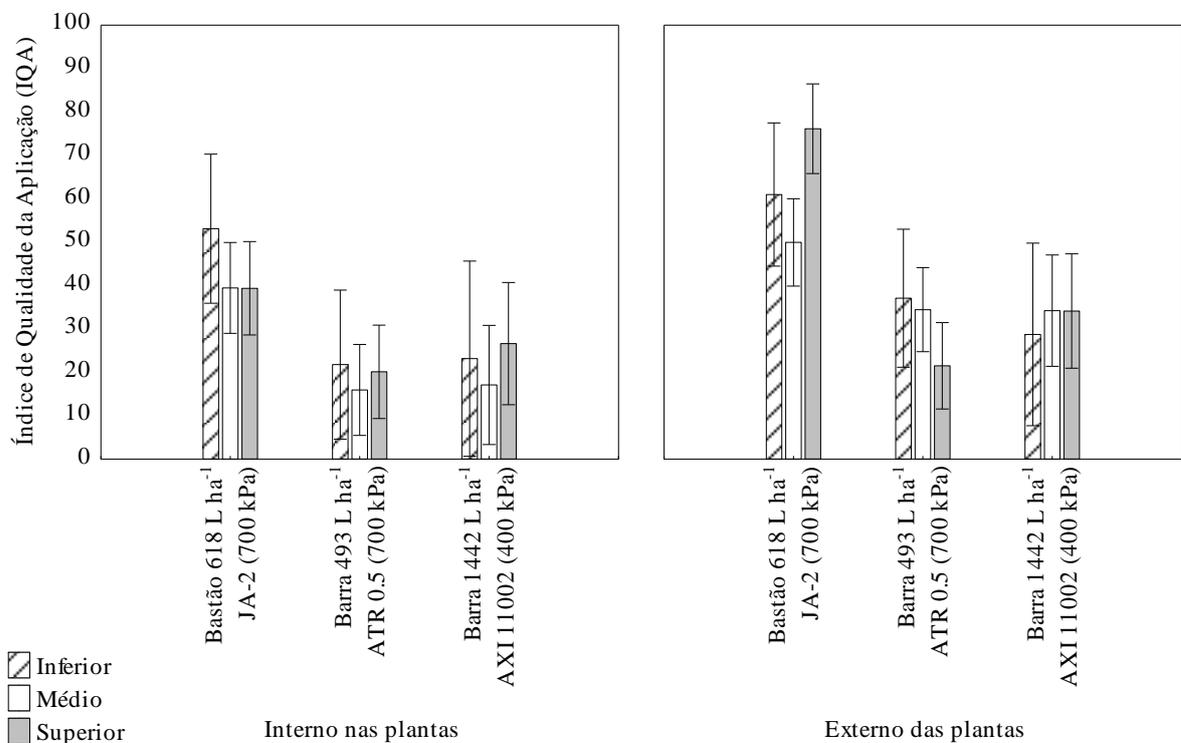
Na Figura 10 está apresentado o Índice de Qualidade da Aplicação (IQA). O estabelecimento do IQA possui como vantagem a consideração da quantidade depositada (depósito) e a sua distribuição sobre o alvo (cobertura), além da taxa de aplicação e o índice de área foliar. Segundo McNichol et al. (1997) e Llop et al. (2015), a eficácia do tratamento

depende não apenas da quantidade de matéria depositada sobre a vegetação, mas também, da uniformidade de cobertura do alvo.

A taxa de aplicação e o Índice de Área Foliar (IAF) também são fatores que influenciam na qualidade da aplicação. Evidências experimentais mostram que ao manter a mesma taxa de aplicação, os depósitos foliares médios que diminuem a medida que a IAF da cultura aumenta (PERGHER e PETRIS, 2008). Desta forma, a consideração destes fatores em conjunto pode auxiliar na compreensão dos resultados da qualidade da aplicação.

Observa-se que de maneira geral, na parte interna do dossel, o IQA foi semelhante para todas as técnicas de aplicação, com exceção apenas da técnica Barra-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>) no estrato médio que apresentou menor índice em relação a técnica Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>). Na parte externa do dossel do estrato superior, a aplicação com o Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>) proporcionou maior IQA em comparação as demais técnicas.

**Figura 10.** Índice de Qualidade da Aplicação (IQA) na parte interna e externa de coleta no dossel, dos estratos superior, médio e inferior do tomateiro em função de três técnicas de aplicação. As barras representam o intervalo de confiança (IC<sub>95%</sub>).



## 4.2. Perda Relativa para o Solo e Volume Transpassado para a Linha Adjacente

Houve interação entre as técnicas de aplicação e o local de coleta no solo (linha e entre linha), indicando que a perda relativa e sua distribuição espacial no solo da casa de vegetação são influenciadas pela técnica de aplicação.

Na Figura 11 está apresentado a perda relativa para o solo na linha e entre linhas, em função de diferentes técnicas de aplicação.

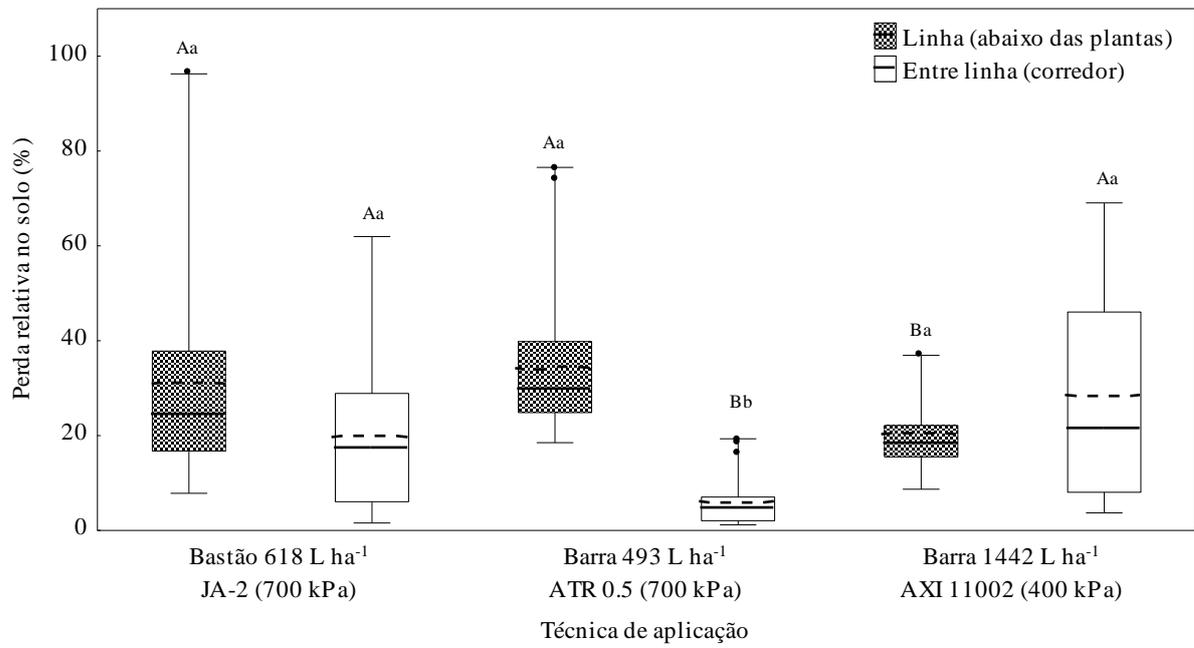
As aplicações com Barra-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>) e Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>) proporcionaram maior perda relativa abaixo das plantas em comparação a técnica com Barra-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>). Enquanto, as técnicas com Bastão (618 L ha<sup>-1</sup>) e Barra-AXI 11002 (1442 L ha<sup>-1</sup>) proporcionaram maior perda relativa nas entre linhas da casa de vegetação (corredor) em comparação a técnica com Barra-ATR 0.5 (493 L ha<sup>-1</sup>).

Fazendo a média entre as perdas ocorridas na linha e entre linha do tomateiro, todas as técnicas de aplicação apresentaram valores semelhantes, sendo 24,85% para o bastão, 20,47% para a barra ATR 0.5 e 23,47% para a barra AXI 11002. Estes resultados discordam de outras pesquisas que compararam os equipamentos de aplicação, bastão e barra vertical, na cultura do tomateiro, onde as aplicações com bastão apresentaram maiores perdas para o solo em relação à barra vertical (SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2011; SÁNCHEZ-HERMOSILLA et al., 2012).

Sánchez-Hermosilla et al. (2012), em aplicações com o bastão (pontas de jato plano estendido “Twin” na pressão de 2200 kPa) observaram perdas 54% maiores em relação a aplicação com Barra (pontas XR 11002 e AVI 11002 na pressão de 1200 kPa). Portanto, é possível observar que esta pesquisa foi realizada com condições operacionais diferentes do presente trabalho, principalmente com relação às altas pressões de pulverização que utilizam nas aplicações com bastão (1500 a 2200 kPa). Sendo que a pressão é considerada um dos fatores que interferem nas perdas da aplicação.

Ensaio realizado com objetivo de avaliar a influência da pressão de pulverização (250, 500, 100 e 1500 kPa) na deposição no dossel do tomateiro e perdas para o solo, mostrou que a redução da pressão de 1500 para 500 kPa reduz as perdas para o solo e mantém a deposição no dossel (VAN OS et al., 2005).

**Figura 11.** Perda relativa para o solo na linha e entre linhas, em função de diferentes técnicas de aplicação. Letras diferentes, maiúscula para técnica de aplicação e minúscula para local de coleta no solo (linha e entre linhas), apresentam média diferente pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). “Outliers” (•), Média (---), Mediana (—), Amplitude ( $\perp$ ), 25%-75% ( $\square$ ).



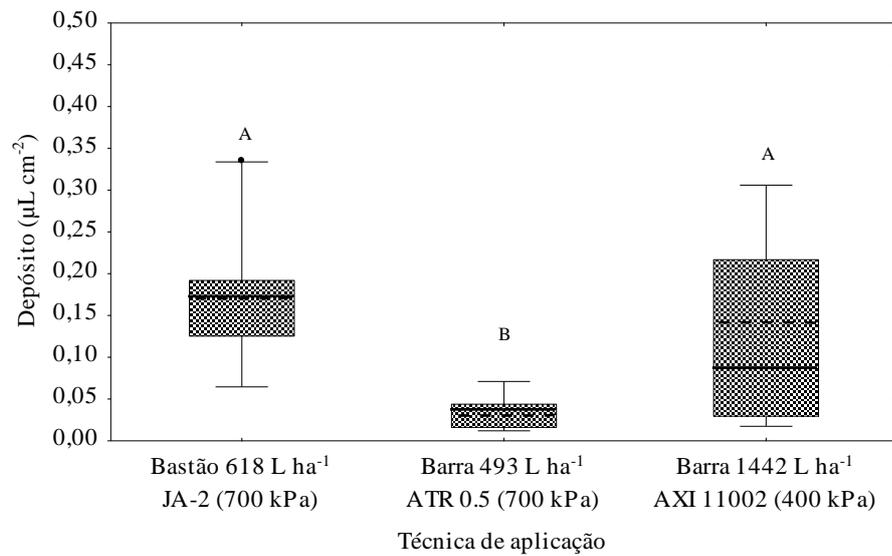
Na Figura 12 está apresentado o depósito ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) transpassado nos fios de nylon localizados nas linhas adjacentes a pulverização.

A técnica do Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ) e da Barra-AXI 11002 ( $1442 \text{ L ha}^{-1}$ ) apresentaram maiores volumes transpassados em comparação a Barra-ATR 0.5 ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ), seguindo a mesma relação das perdas nas entre linhas da cultura. Esses resultados indicam que a combinação de taxa de aplicação, tamanho de gotas, pressão e equipamento utilizado na técnica de aplicação Barra  $493 \text{ L ha}^{-1}$ , não proporcionou condições para as gotas de pulverização atravessarem o dossel da linha de aplicação e se depositar na linha adjacente ou solo da entre linha. As análises de depósito transpassado possibilitam estimar a quantidade de produtos fitossanitários que podem chegar a linhas adjacentes à linha de aplicação. Este depósito não pode ser considerado como perda, pois apesar de não atingir a linha prevista, se deposita na linha adjacente, contribuindo para aumento da deposição no alvo.

Entretanto, o volume transpassado apresentou relação com as perdas para o solo nas entre linhas da cultura, pois os tratamentos que apresentaram maiores resultados para volume transpassado foram os mesmos que proporcionaram maiores perdas nas entre linhas, pressupondo que parte das gotas que ultrapassam o dossel da linha pulverizada se deposita na

linha adjacente e outra parte é perdida para o solo da entrelinha. Além disso, deve-se levar em consideração à quantidade de calda que pode ser perdida por evaporação durante o trajeto entre uma linha e outra ou desviada por exoderiva.

**Figura 12.** Depósito ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) transpassado nos fios de nylon localizados nas linhas adjacentes a pulverização. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). “Outliers” ( $\bullet$ ), Média ( $- - -$ ), Mediana ( $-$ ), Amplitude ( $\perp$ ), 25%-75% ( $\square$ ).



## 5. CONCLUSÕES

A técnica de aplicação com Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ) proporciona maior depósito relativo em comparação a Barra-AXI 11002 ( $1442 \text{ L ha}^{-1}$ ).

O depósito relativo na parte interna é menor nos estratos que apresentam maior espessura do dossel e Índice de Área Foliar.

Em geral, a cobertura é maior na superfície adaxial das folhas e na parte externa do dossel e sem diferença entre os estratos superior, médio e inferior.

A técnica de aplicação Barra-ATR 0.5 ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ) proporciona menor cobertura da superfície adaxial das folhas internas do dossel em comparação as demais técnicas.

A perda relativa para o solo da casa de vegetação, na linha e entrelinha, é influenciada pela técnica de aplicação.

A técnica do Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ) e da Barra-AXI 11002 ( $1442 \text{ L ha}^{-1}$ ) proporcionam maiores volumes transpassados para as linhas adjacentes à linha de aplicação em comparação a Barra-ATR 0.5 ( $493 \text{ L ha}^{-1}$ ).

Na parte externa das plantas e no estrato superior, a técnica com Bastão ( $618 \text{ L ha}^{-1}$ ) proporciona melhor Índice de Qualidade de Aplicação em comparação as demais técnicas.

Na parte interna do dossel, o Índice de Qualidade da Aplicação é semelhante para todas as técnicas de aplicação.

## 6. REFERÊNCIAS

ABI SAAB, O. J. G. A.; ANTUNIASSI, U. R.; FONSECA, I. C. B.; GENTA, W.; BATISTELA, M. Efeito do tamanho de gota e volume de aplicação na deposição de agrotóxicos em folhas de videiras. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n.2, p. 221-228, jul/dez. 2002.

AGRIANUAL. AGRIANUAL 2015: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria, 2015.472 p.

ALVARENGA, M.A. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 457 p. 2013.

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, jun/mar. 2010.

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

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. **Publicações fundação chapadão: soja e milho 2011/2012**, Chapadão do Sul, p. 113-139, 2012. Disponível em: <<http://www.eemac.edu.uy/index.php/educacion-permanente/curso-aplicacion-aerea-treinta-y-tres/379-material-antuniassi/file>>. Acesso em: 01 dez. 2017

AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas – Fortaleza. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, p.1-45, dez. 2006. Disponível em< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426350/1/Dc102.pdf>>. Acesso em: 05 maio. 2016.

BALLONI, S.; CARUSO, L.; CERRUTO, E.; EMMA G.; SCHILLACI G. A prototype of self-propelled sprayer to reduce operator exposure in greenhouse treatment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: INNOVATION TECHNOLOGY TO EMPOWER SAFETY, HEALTH AND WELFARE IN AGRICULTURE AND AGRO-FOOD SYSTEMS, Ragusa, Italy: 2008. p. 1 - 8.

BALSARI, P.; OGGERO, G.; BOZZER, C.; MARUCCO, P. An autonomous self-propelled sprayer for safer pesticide application in glasshouse. **Aspects of Applied Biology**, n. 114, p.1-8, jan. 2012.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, abr/jun. 2000.

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

BONADIMAN, R. **Pontas de pulverização e volumes de calda no controle de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) na cultura da soja *Glycine max***. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BRAEKMAN, P.; FOQUE, D.; MESSENS, W.; VAN LABEKEM, C.; PIETERS, J.G.; NUYTTENS, D. Effect of spray application technique on spray deposition in greenhouse strawberries and tomatoes. **Pest Management Sci**, v. 66, n. 2, p. 203–212, 2010.

BUTLER-ELLIS, M. C.; TUCK, C. R.; MILLER, P. C. H. How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of sprays produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. **Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**, v. 190, n. 3, p. 267-276, 2001.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.05-09, 2004.

CARVALHO J. G.; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R. Fertirrigação. In: ALVARENGA, M. A. R. (ed). **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2004. p. 63-120.

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 986-989, 2005.

CERRUTO, E.; EMMA, G.; MANETTO, G. Spray applications to tomato plants in greenhouses. Part 1: effect of walking direction. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 40, n. 3, p. 41-48, 2009a.

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

CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e de tomate. **Embrapa Meio Ambiente**, 1999b.

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

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

COSTA, E.; LEAL, P. A. Medidas radiométricas em casas de vegetação com cobertura plástica na região de Campinas-SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p.448-457, maio/junho. 2011.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. TORGESON, D. C ed Fungicide – An advance treatise. **Academic Press**, New York, p. 239, 1967.

COURSHEE, R.J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, n.5, p. 327-352, 1960.

CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F.; KLOSOWSKI, E. S. Estimativa do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.6, p. 735-743, 2002.

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

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 133-138, 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, 2007.

CUNHA, J. P. A. R. **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 81 p. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

DAMMER, K. H.; WOLLNY, J.; GIEBEL, A. Estimation of the Leaf Area Index in cereal crops for variable rate fungicide spraying. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 351-360, 2008.

DERKSEN, R. C.; FRANTZ, J.; RANGER, C. M.; LOCKE, J. C.; ZHU, H.; KRAUSE, C. R. Comparing greenhouse handgun delivery to poinsettias by spray volume and quality. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 1, p. 27-35, 2008.

DERKSEN, R. C.; MILLER, A. S.; OZKAN, H. E.; FOX, R. D. Spray deposition characteristics on tomatoes and disease management as influenced by droplet size, spray volume, and air-assistance. **ASABE Annual Meeting**, 2001.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. C.; VILELLA, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n.2, p. 143-149, 2008.

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

FERREIRA, M. C. Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. D. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. D. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Prol, 2006. v. 1, p. 293-303.

FOQUÉ, D.; PIETERS, J. G.; NUYTTENS, D. Comparing spray gun and spray boom applications in two ivy crops with different crop densities. **Hortscience**, v. 47, n. 1, p. 51-57, 2012.

FOQUÉ, D.; PIETERS, J. G.; NUYTTENS, D. Effect of spray angle and spray volume on deposition of a medium droplet spray with air support in ivy pot plants. **Pest management science**, v. 70, n. 3, p. 427-439, 2014.

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

GIL, E.; ESCOLÀ, A.; ROSELL, J.R.; PLANAS, S.; VAL, L. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. **Crop Protection**, v. 26, n. 8, p. 1287-1297, 2007.

GRAZIANO, C. E.P. L.; ALVES, K.A.; GANDOLFO, M.A.; DARIO, G.; OLIVEIRA, R.B. spraying quality of crop protection products using two droplet spectra in three periods of the day. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 6, p. 1183-1189, 2017.

GOMES, F. B.; FORTUNATO, L. J.; PACHECO, A. L. V.; AZEVEDO, L. H.; FREITAS, N.; HOMMA, S. K. Incidência de pragas e desempenho produtivo de tomateiro orgânico em monocultivo e policultivo. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p. 756-761, 2012.

GONZÁLEZ, R.; RODRÍGUEZ, F.; SÁNCHEZ - HERMOSILLA, J.; GARCÍA, J. Navigation techniques for mobile robots in greenhouses. **Applied Engineering in Agriculture**,. v. 25, n. 2, p. 153-165, 2009.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundações Editoras da UNESP, 1998, 309 p.

HOLOWNICKI, R.; DORUCHOWSKI, G.; SWIECHOWSKI, W.; GODYN, A. Automatic self adjusting air-jet sprayer concept for fruit trees. In: INTERNATIONAL CONFERENCE

ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 2000, **Warwick. Paper... Warwick**, 2000.10 p. (Paper 00- PM-053).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

KIRDA, C.; BAYTORUN, N.; DERICI, M. R.; DASGAN, H. Y.; TANRIVERDI, C.; GUMUS, Z. Nitrogen fertiliser recovery and yield response of greenhouse grown and fertigated tomato to root-zone soil water tension. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 27, n. 6, p. 323-328, 2004.

LEE, A. W.; MILLER, P. C. H.; POWER, J. D. The application of pesticides sprays to tomato crops. **Aspects Appl Biol**, v. 57, p. 383-390, 2000.

LEFEBVRE, A. H. Droplet Production. In: MATTHEWS G.A, **London: Application Technology for Crop Protection**, 1993. p. 35-54.

LLOP, J.; GIL, E.; GALLART, M.; CONTADOR, F.; ERCILLA, M. Spray distribution evaluation of different settings of a hand held trolley sprayer used in greenhouse tomato crops. **Pest management science**, v. 72, n. 3, p. 505-516, 2015.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1982, 336p.

MATUO, T. **Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros**. 1988. 167 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1988.

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

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

MC ICHOL, A. Z.; TESKE, M. E.; BARRY, J. W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE, St, Joseph**, v. 40, n. 6, p. 1529-1536, 1997.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of agricultural engineering research**, v. 75, n. 2, p. 127-137, 2000.

NUYTTENS D.; WINDEY, S.; SONCK B. Optimisation of a vertical spray boom for greenhouse spraying applications. **Biosystems Engineering**, v. 89, n.4, p. 417–423, 2004.

NUYTTENS, D.; BRAEKMAN, P.; WINDEY, S.; SONCK, B. Potential dermal pesticide exposure affected by greenhouse spray application technique. **Pest management science**, v. 65. n. 7, p. 781-790, 2009.

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

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop protection**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 25-33, 1997.

PERGHER, G.; PETRIS, R. Pesticide dose adjustment in vineyard spraying and potential for dose reduction. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 2008.

PERMIN, O.; JORGERSEN, L. N.; PERSSON, K. Biological effect of herbicides and fungicides, deposition and drift hazards, when using different sizes of hydraulic flat fan nozzle for the application. **Tidsskrift for Planteavl**, Lyngby, v. 96, n. 5, p. 531-42, 1992.

PONTELLI, C. O.; MUCHERONI, M. F. Validação do modelo de uma suspensão de barra utilizada em pulverizadores tracionados. Minerva. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p.189-196, 2009.

PONTES, N. C.; NASCIMENTO, A. R.; GOLYNSKI, A.; MOITA, A. W.; MAFFIA, L. A.; OLIVEIRA, J. R.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Volume de aplicação e eficiência do controle químico da mancha bacteriana em tomateiro industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 371-376, 2017.

PURQUERIO, L. F. F.; TIVELI, S. I. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/58.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/58.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2017.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. *Fitopatologia Brasileira*, v. 25, p. 275-283, 2000.

REIS FILHO, J. S.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianópolis, goiás1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 39, n. 4, p. 307-316, out./dez. 2009.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A.; ALBUQUERQUE, A. W.; JUNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 386-391, 2013.

REIS, N. V. B.; HORINO, Y.; OLIVEIRA, C. S.; BOITEUX, L. Cultivo de tomate com ou sem cobertura plástica: efeito sobre a produção e radiação interceptada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7, 1991, Viçosa. **Anais...** Viçosa:UFV, 1991. p. 12-15

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

SÁNCHEZ-HERMOSILLA, J.; PÁEZ, F.; RINCÓN, V. J.; PÉREZ-ALONSO, J. Volume application rate adapted to the canopy size in greenhouse tomato crops. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 6, p. 390-396, 2013.

SÁNCHEZ-HERMOSILLA, J.; RINCÓN, V. J.; PÁEZ, F.; AGÜERA, F.; CARVAJAL, F. Field evaluation of a self-propelled sprayer and effects of the application rate on spray deposition and losses to the ground in greenhouse tomato crops. **Pest management science**, v. 67, n. 8, p. 942-947, 2011.

SÁNCHEZ-HERMOSILLA, J.; RINCÓN, V. J.; PÁEZ, F.; FERNÁNDEZ, M. Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. **Crop Protection**, v. 31, n. 1, p. 119-124, 2012.

SCHNEIDER, J. L.; OLIVEIRA, G. M.; BALAN, R. E.; CANTERI, M. G.; SAAB, O. J. G. A. Cobertura de gotas de pulverização obtida com diferentes pontas e taxas de aplicação na parte aérea da cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 797-802, 2013.

SCRAMIN, S.; CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L.; PAVAN, L. A.; ALVARENGA, N. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 43-50, 2002.

SORTHIA, B. K.; CHARI, M. S. Toxicity of some insecticides to honey bees, *Apis florea* F. and *Apis melipona* L. **Journal of Entomological Research**, v.9, p.195-197, 1985.

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.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p.

TEIXEIRA, C. A.; LACERDA, A. F. D.; PEREIRA, S.; SOUZA, L. H. D.; RUSSO, J. R. Balanço energético de uma cultura de tomate. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.9, n. 3, p. 429-432, 2005.

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

VAN OS, E. A.; MICHIELSEN, J. M. G. P.; CORVER, F. J. M.; VAN DEN BERG, J. V.; BRUINS, M. A.; PORSKAMP, H. A. J.; VAN DE ZANDE, J. C. Reduction of spray pressure leads to less emission and better deposition of spray liquid at high-volume spraying in greenhouse tomato. **Acta Horticulturae**, v. 691, p. 187-194, 2005.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. **Manejo de doenças me cultivos protegidos**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) Manejo integrado, fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa. Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2001. p. 53-118.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D. J.; BRANDÃO, J. U. T.; VERZIGNASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372. 2004.

VIDA, J. B.; KUROZAWA, C.; ESTRADA, K. R. F. S.; SANTOS, H. S. Manej o fitossanitário em cultivo protegido. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Ed.) Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. Botucatu. UNESP. 1998. p.53-104.

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.

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.

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