

CLEONICE CAMPOS TEIXEIRA

**OTIMIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA COM BASE NO
VOLUME DO DOSSEL E ÍNDICE VOLUMÉTRICO NO ESTÁDIO
REPRODUTIVO DA CULTURA DO TOMATEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

T266o
2017
Teixeira, Cleonice Campos, 1988-
Otimização da pulverização pneumática com base no volume do dossel e índice volumétrico no estágio reprodutivo da cultura do tomateiro / Cleonice Campos Teixeira. – viçosa, MG, 2017.

x, 39f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Mauri Martins Teixeira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.33-39.

1. Equipamentos de pulverização. 2. Produtos químicos agrícolas - Aplicação. 3. Tomate - Cultivo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

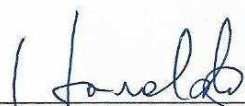
CDD 22. ed. 631.3

CLEONICE CAMPOS TEIXEIRA

**OTIMIZAÇÃO DA PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA COM BASE NO
VOLUME DO DOSEL E ÍNDICE VOLUMÉTRICO NO ESTÁDIO
REPRODUTIVO DA CULTURA DO TOMATEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

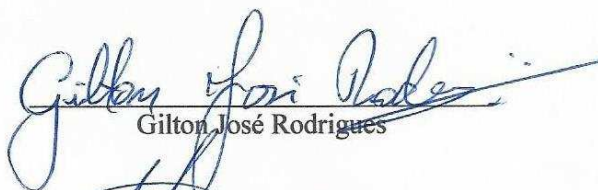
APROVADA: 17 de fevereiro de 2017.



Haroldo Carlos Fernandes
(Coorientador)



Edney Leandro da Vitória
(Coorientador)



Gilton José Rodrigues



Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

Aos meus pais, Elesbão e Josefina, à minha irmã Cláudia e ao meu
namorado Philippe.

DEDICO

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela fé incondicional e pela força para concluir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais, Elesbão e Josefina, e minha irmã Claudia por sempre acreditarem, pelas palavras de apoio, compreensão e por ser a razão da minha vida.

Ao meu namorado Philippe, pelo apoio, paciência, incentivo, e carinho ao longo desta jornada.

Ao professor Mauri Martins Teixeira, pela paciência, orientação, compreensão, e pelos valiosos ensinamentos a mim passados.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Fitotecnia e ao Prof. Derly José Henrique da Silva pela coorientação e por ceder a área para realização do experimento.

Aos professores Haroldo Carlos Fernandes, Paulo Roberto Cecon e Edney Leandro da Vitória, pelo ensinamento, coorientação e auxílio na execução deste trabalho.

À professora Flora pela amizade e ensinamento.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)

Aos colegas do laboratório de Pós-Graduação em Mecanização Agrícola, em especial ao Tiago, Gustavo, Bruno, Felipe, Jéssica, Juliana, Helizani, Paulo, Diego, Marconi, Ely, Flavio, e a Natália por auxiliarem na execução do projeto.

Aos meus amigos Camila, Sérgio, Grasielle, Jéssica, Lucas e Leandro, por terem sido fundamentais em todos os momentos.

À minhas primas Joyce e Jéssica pela força e carinho.

Ao produtor Givanildo por ceder a área para realização do segundo ensaio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola que participaram de alguma forma na realização deste trabalho.

À todos que estiveram presentes nos momentos difíceis e que de alguma forma colaboraram com a realização deste trabalho, agradeço imensamente.

BIOGRAFIA

CLEONICE CAMPOS TEIXEIRA, filha Elesbão Cupertino Teixeira e Josefina Campos Teixeira, nasceu no dia 31 de janeiro de 1988 em Viçosa, MG.

Em julho de 2015, concluiu o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2015 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, submetendo-se à defesa em fevereiro de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A CULTURA DO TOMATEIRO	4
2.2. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS	6
2.3. MÉTODO TRV (TREE – ROW – VOLUME)	7
2.4. PULVERIZADOR PNEUMÁTICO	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Caracterização do local do ensaio e condições climáticas	10
3.2. Características do pulverizador	11
3.3. Seleção dos volumes de pulverização	12
3.4. Calibração do conjunto aplicador-atomizador	14
3.5. Determinação do espectro de gotas	18
3.6. Análise estatística	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÕES	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO

TEIXEIRA, Cleonice Campos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Otimização da pulverização pneumática com base no volume do dossel e índice volumétrico no estádio reprodutivo da cultura do tomateiro.** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Coorientadores: Haroldo Carlos Fernandes, Derly José Henriques da Silva, Edney Leandro da Vitória e Paulo Roberto Cecon.

O tomate de mesa ou para consumo *in natura* é produzido praticamente em todas as regiões geográficas do Brasil e em épocas distintas sob diferentes sistemas de cultivo e diferentes níveis de manejo cultural. Um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores de tomate é a suscetibilidade das plantas a várias pragas e doenças sendo necessário o controle químico, no entanto, a cultura apresenta diversos desafios para a tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários. Diante da grande importância econômica dessa hortaliça e da necessidade de pesquisas sobre formas de aplicação de fitossanitários para o controle dessas pragas e doenças, objetivou-se com esse trabalho a otimização da pulverização pneumática no tomateiro, avaliando o volume do dossel e o espectro da população de gotas que possibilite aumentar a eficiência da aplicação de fitossanitários na cultura do tomate, e seu comportamento com base no índice volumétrico. O experimento foi realizado no município de Cajuri, Minas Gerais. A organização experimental seguiu de acordo com um esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os terços (superior, médio e inferior), nas subparcelas as profundidades (externa e interna) e nas subsubparcelas os índices volumétricos (5, 10, 15, 20 e, 25 mL m⁻³) em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com seis repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para a avaliação da cobertura e da densidade de gotas nas etiquetas de papel hidrossensível, foi utilizada uma calda composta por água e corante alimentício azul brilhante. Após cada ensaio as folhas do tomateiro foram coletadas para avaliar a deposição da calda. Uma vez lavadas, a solução da lavagem foi analisada em espectrofotômetro para se determinar a absorvância, que após a determinação de área foliar foi possível obter a concentração de depósitos de calda nas folhas. O espectro de gotas da pulverização foi analisado empregando-se o analisador de partículas a laser (Malvern Instruments). A porcentagem de cobertura encontrada atendeu as

espectativas com o índice volumétrico de 5 mL m^{-3} . A densidade de gotas manteve-se ideal em todos os tratamentos. O primeiro tratamento (5 mL m^{-3}) apresentou 74,92% de gotas menores que $100 \mu\text{m}$, sendo ideal para aplicação de fungicidas e obteve SPAN de 1,15 e DMV de $53,49 \mu\text{m}$. Dentre os índices volumétricos avaliados, o de 5 mL m^{-3} foi o mais eficiente atendendo aos requisitos avaliados para aplicação de fungicidas no tomateiro.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Cleonice Campos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Optimization of pneumatic spraying based on canopy volume and volumetric index at the reproductive stage of the tomato crop.** Advisor: Mauri Martins Teixeira. Co-advisers: Haroldo Carlos Fernandes, Derly José Henriques da Silva, Edney Leandro da Vitória and Paulo Roberto Cecon.

The salad tomato for *in nature* consumption is produced practically in all geographic regions of Brazil and at different times under different cropping systems and different levels of cultural management. One of the major problems faced by tomato producers is the susceptibility of their plants to various pests and diseases, and the chemical control is necessary. However, the crop presents several challenges for the application technology of phytosanitary products. In view of the great economic importance of this vegetable and the necessity for research on the application of pesticides for the control of these diseases, objectified of this work was to optimize the pneumatic spray in the salad tomato, evaluating the canopy volume and the population of the droplets spectrum that increase the efficiency of the phytosanitary application in the salad tomato crop, and its behavior based on the volumetric index. The experiment was developed in the municipality of Cajuri, Minas Gerais state. The experimental organization followed a sub-parcels method, with the thirds (up leaves, middle leaves and lower leaves) in the parcels plots the depths (external and internal) and the sub-sub parcels the volumetric indexes (5, 10, 15, 20 and , 25 mL m⁻³) in a completely randomized design (DIC) with six repetitions. The data were submitted to analysis of variance and the averages were compared by means of the Tukey test adopting the level of 5%. To coverage evaluation and density of droplets on the labels of water-sensitive paper tag, a syrup composed of water and bright blue alimony coloring was used. After each test the leaves of the tomato were collected to evaluate the deposition of the syrupy liquid. After wash, the washing solution was analyzed in a spectrophotometer to determine the absorbance, which after the determination of leaf area it was possible to obtain the concentration of droplet deposits in the leaves. The spray droplet spectrum was analyzed using the laser particle analyzer (Malvern Instruments). The percentage of coverage found was considered satisfactory with the volumetric index of 5 mL m⁻³. The density of

droplets remained ideal in all treatments. The first treatment (5 mL m^{-3}) had 74.92% of drops smaller than $100 \mu\text{m}$, being ideal for application of fungicides and obtained SPAN of 1, 15 and DMV of 53, $49 \mu\text{m}$. Among the volumetric indexes evaluated, the 5 mL m^{-3} was the most efficient meeting all requirements for application of fungicides in tomato.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro (*Solanum Lycopersicon L.*) corresponde a uma atividade expressiva no Brasil, constituindo-se um dos maiores itens do mercado agrícola brasileiro. De acordo com Oliveira et al. (2010), o tomate é uma hortaliça bastante consumida na forma *in natura* e de grande utilidade na indústria de processamento alimentar. O tomate faz parte da dieta alimentar da maioria dos brasileiros, pois tem uma grande importância alimentar, porque seu fruto é muito nutritivo e saudável, sendo fonte de várias vitaminas e minerais (ITAKO, 2011).

O tomateiro e seus frutos podem apresentar diferentes tipos de problemas que afetam sua aparência, sua qualidade nutricional e, conseqüentemente, seu valor comercial. Muitos dos problemas são causados durante o cultivo, envolvendo doenças causadas pelo ataque de fungos, bactérias e vírus. As plantas invasoras também podem interferir na qualidade e rendimento de seus frutos. Sendo assim, são aplicados produtos fitossanitários com o intuito de possibilitar maior produtividade e qualidade ao produto.

O consumo de produtos fitossanitários tem aumentado nos últimos anos, porém, deve-se procurar minimizar cada vez mais o seu uso, a fim de contribuir com a redução de riscos de contaminação dos trabalhadores, consumidores e do meio ambiente.

Durante a aplicação de fitossanitários, para o controle de insetos e patógenos, não basta a preocupação em controlar a praga. Exige-se qualidade da aplicação, que vai além da eficácia de controle. É necessário priorizar o meio ambiente, a qualidade alimentar e a saúde dos operados e manuseadores dos produtos.

A aplicação de fitossanitários é tarefa complexa, que envolve uma série de fatores, como a grande diversidade de equipamentos e métodos de aplicação, diferenças entre produtos químicos, diversidade de culturas e hábitos de crescimento, número de insetos e doenças, disparidades na habilidade dos operadores, condições meteorológicas incontrolláveis, segurança do trabalhador, regulamentos e legislações ambientais, volume de calda, tamanho do dossel e relação custo-benefício das aplicações de agrotóxicos (LLORENS et al., 2010; XU et al., 2010; JEON et al., 2011; ALVARENGA et al., 2013).

Uma das maneiras de maximizar a eficiência na aplicação e minimizar os riscos de contaminação provocados por defensivos é utilizar tecnologia de aplicação adequada a cada tipo de situação, com base nas características inerentes à interação de fatores climáticos, biológicos e econômicos. Para isso, é necessário o emprego de todas as tecnologias que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO et al., 2001).

O atual conceito de tomate de qualidade implica cada vez mais um processo de produção e proteção fitossanitária eficiente, equilibrado, racional e que respeite as questões ambientais e preocupações da saúde pública (consumidor e produtor) (SOARES; LEÃO, 2008). Qualidade se refere a tudo aquilo de melhor que um produto pode apresentar, de tal forma a superar as expectativas das pessoas. Hoje, além da aparência, exigem-se produtos mais seguros, e que ao longo da cadeia produtiva levem em conta aspectos ambientais, trabalhistas, agrícolas e de comercialização.

A conscientização para a prática da proteção e produção integradas tem permitido a aplicação destes princípios, no que diz respeito à implementação de diferentes métodos de monitorização, à consciente escolha dos meios de luta, respeito pelos intervalos de segurança, preocupação com os limites máximos de resíduos e até nos cuidados com o manuseio dos produtos fitossanitários. Relativamente às técnicas, material e equipamento de aplicação, não se pode estar tão otimista, uma vez que a sua prática entre nós mais se aproxima dos métodos convencionais do que da agricultura sustentável (SOARES; LEÃO, 2008).

Nos atuais sistemas de produção do tomate, deve-se ficar atento às mudanças significativas que foram verificadas nas últimas décadas, para melhoria da implementação de novos pomares, alteração da forma de condução, estrutura e volume das plantas e evolução dos equipamentos de aplicação.

Em plantas com alta densidade foliar, é comum que grande parte das gotas da aplicação de fitossanitários não atinja o interior do dossel, situação que prejudica a uniformidade de distribuição das gotas, podendo resultar em baixa eficácia de controle (MEWES et al., 2015). O tomateiro desenvolve-se num espaço tridimensional, de tal modo que o método do TRV (Tree-Row-Volume) permite adequar o volume de calda à dimensão das plantas e comprovar que um volume de

calda elevado não é sinônimo de um tratamento eficiente, podendo apresentar até efeito contrário.

O conceito de TRV foi desenvolvido com vista a otimizar a quantidade de produto fitossanitário a ser aplicado ao volume do dossel. Assim sendo, o volume de calda a ser utilizado nunca deve resultar das pretensões do produtor ou de recomendações pré- definidas, mas sim do volume da sua copa, reflexo do sistema de condução, idade e outras características do pomar.

A adequação do volume de calda ao volume de vegetação, dentre outros fatores, consiste na determinação do índice volumétrico (IV), que corresponde ao volume de calda necessário para cobrir adequadamente um metro cúbico do dossel. Esse índice é conhecido para algumas fruteiras, como a laranjeira (SOUSA et al., 2006), porém ainda desconhecido para a cultura do tomateiro.

A adoção desta tecnologia permite aumento da eficiência das aplicações, redução da contaminação ambiental, redução das intoxicações dos operadores, aliada ao melhor controle de patógenos e insetos devido à redução de perdas, e ao melhor posicionamento do produto no alvo.

Diante do exposto, objetivou-se realizar a otimização da pulverização pneumática com base no volume do dossel e do índice volumétrico a fim de aumentar a eficiência de aplicação na cultura do tomateiro.

Além disso, pretendeu-se com este projeto:

- Estimar o volume de pulverização em função do volume do dossel e do índice volumétrico;
- Quantificar a porcentagem de área coberta pelas gotas e a densidade populacional;
- Estimar a deposição de calda nas folhas do tomateiro;
- Determinar o espectro de gotas para cada índice volumétrico;
- Determinar a eficiência da pulverização a partir dos ensaios conduzidos a campo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do tomateiro

O tomate (*Solanum Lycopersicon L.*) é uma das mais importantes hortaliças produzidas no Brasil, sendo o oitavo maior produtor mundial, representando cerca de 2,5% do total produzido em 2013. A China é a maior produtora mundial de tomate, responsável por 30,8% da produção, seguida pela Índia, Estados Unidos, Turquia, Egito, Iran e Itália (FAO, 2013).

Segundo o IBGE (2016), foram plantados 62.096 ha de tomate, em 2015, em todo território nacional, com uma produção de 4.145.553 toneladas e um rendimento médio de 66.810 kg ha⁻¹. No Brasil, os Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais lideram a área plantada, com 66.000 ha, e uma produção de 23,9, 19,8 e 15,7 % da produção nacional, respectivamente, que é de aproximadamente quatro milhões de toneladas (IBGE, 2015).

Segundo Matos et al. (2010), uma das medidas que vem sendo adotada pelos produtores de tomate é a decisão de qual sistema de condução do tomateiro utilizar, com o objetivo de aumentar a produção por hectare de frutos, facilitar os tratamentos fitossanitários e obter maior valor comercial.

Os sistemas de tutoramento e condução são importante para uma melhor aparência e qualidade dos frutos de tomate, agregando valor e, conseqüentemente, maior lucratividade (MARIN et al., 2005; SHIRAIGE et al., 2010) pois, influenciam no desenvolvimento e na qualidade do fruto produzido.

O tipo de tutoramento utilizado pode alterar a distribuição da ventilação e radiação solar em torno das plantas (ANDRIOLO, 1999), influenciando a concentração de gás carbônico atmosférico e a umidade relativa entre e dentro das fileiras (GEISENBERG; STEWART, 1986). O tipo de tratamento também pode influenciar no controle de pragas (PICANÇO et al., 1998) e doenças aumentando ou diminuindo os níveis de cada uma delas. O tutoramento mais utilizado frequentemente pelos agricultores brasileiros é o método tradicional ou “V” invertido (MAKISHIMA; MIRANDA, 1992; FONTES; SILVA, 2002).

O método de tutoramento “V” invertido ou cerca cruzada, consiste em amarrar as plantas em tutores (Bambu) dispostos inclinadamente em relação ao solo,

formando um “V” invertido entre duas filas consecutivas (FONTES; SILVA, 2002). Com esse tipo de tutoramento ocorre a formação de uma câmara úmida e aquecida sob o “V” invertido, sendo esta, um ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos, que ainda ficam livres da ação dos agrotóxicos que são aplicados na parte externa das plantas, deixando livre a parte interna (REBELO, 1993).

Tentando resolver este problema, propôs-se o tutoramento triangular. Este sistema teoricamente tem as vantagens do método tradicional (estabilidade e não dependência de mão-de-obra especializada) e evita a formação da câmara úmida e aquecida sob o “V” invertido.

Outro método utilizado na cultura do tomateiro é o tutoramento vertical, com estacas de bambu ou fitilho, que permite otimizar a ventilação e a distribuição da radiação solar, reduzindo o período de umidade foliar e, por conseguinte, a severidade das doenças (ZAMBOLIM et al., 1989).

Outro método é o Sistema Viçosa, em que as plantas são tutoradas com fitilho e inclinadas a aproximadamente 75° em relação ao solo. Estacas de eucalipto em formato de cruz são utilizadas para fixar dois fios de arames, um em cada extremidade. Os fitilhos são amarrados aos arames de forma alternada, formando um “V” (ALMEIDA et al., 2015).

Segundo Almeida (2012), o Sistema Viçosa foi agronomicamente superior aos demais, pois foi mais eficiente no uso de fatores de produção, além de possibilitar um aumento de até 61 e 131%, respectivamente, na produtividade comercial e produção de frutos grandes e sem perda de sabor. A rentabilidade foi até 223% superior à dos sistemas tradicionais, com diminuição no custo de produção unitário de até 18%, sendo esse o sistema mais indicado para o tomaticultor.

De acordo com pesquisas realizadas (MELO; VILELA, 2005; PICANÇO et al., 2004), o tomateiro e seus frutos estão sujeitos ao ataque de vários fungos, bactérias e vírus, que interferem, diretamente, na sua qualidade nutricional e econômica. A interferência de plantas invasoras também afeta o rendimento do tomateiro e a qualidade de seus frutos. Sendo assim, são aplicados fitossanitários a propósito de garantir maior produtividade e alta qualidade ao produto. Mesmo utilizando o melhor sistema de condução, o tomateiro ainda está sujeito ao ataque de patógenos, por isso se faz necessário um alto controle de forma eficiente durante

todo plantio e colheita, buscando sempre a diminuição de fitossanitários durante a aplicação.

2.2. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

Dentre os vários aspectos do processo de produção agrícola, a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas é um dos mais importantes. Ela é uma ciência multidisciplinar dentro da agricultura, uma vez que se pretende o controle de ácaros, insetos, plantas invasoras e agentes patogênicos, que considera aspectos da biologia, da química, da engenharia, da ecologia, da sociologia e da economia (FERREIRA, 2006).

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e acaba-se deixando de lado a tecnologia de aplicação (SASAKI, 2011). No entanto, não basta somente conhecer o produto a ser aplicado, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (CUNHA et al., 2005).

Para obter uma boa aplicação e boa distribuição do produto fitossanitário na planta, é preciso determinar corretamente os fatores que influenciam a qualidade da cobertura. Uma aplicação eficiente requer gotas de tamanho e número adequados, condições ideais de clima que afetam seu movimento e sua deposição (ROMÁN, 2010). Nesse contexto, além de conhecer a natureza do produto fitossanitário, também é necessário ter conhecimento da melhor técnica disponível ou o melhor equipamento de aplicação, de modo a garantir o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo, alcançando o alvo de forma eficiente, reduzindo as perdas e a contaminação ambiental (CUNHA et al., 2010).

O uso de fitossanitários, embora seja responsável pela redução das perdas na produção agrícola em função do controle de pragas, doenças e plantas invasoras, poderá ser questionável devido ao risco de contaminação ambiental proporcionado pelo potencial de perdas de produtos para o meio ambiente (SASAKI, 2011). Por esta razão, as pesquisas têm-se concentrado muito na parte de melhoria das técnicas de pulverização (QUEIROZ; ANTUNIASSI, 2006).

Uma alternativa para diminuir as perdas e a contaminação é a diminuição do volume aplicado, de tal modo a fazer uma aplicação que atenda a todos os requisitos

para o controle, porém com um baixo volume de calda e sem perdas consideráveis. É bem conhecido que o uso de fitossanitários apresenta efeitos potenciais adversos às pessoas e ao meio ambiente. Na maioria das vezes são desperdiçados por não atingirem o alvo (MANHANI 2011). Esses esforços são destinados ao aumento da deposição de fitossanitários sobre as culturas e a redução de perdas (ZHAO et al., 2008).

Atualmente, existe uma busca em relação à redução do volume de calda aplicado, que resulta em menor transporte de água ao campo e menor número de paradas para reabastecimento do pulverizador, obtendo-se com isso, redução do custo da aplicação e favorecendo o aumento da capacidade operacional do equipamento de aplicação (MATTHEWS, 1979; MAROCHI, 1993; LIMA; MACHADO NETO, 2001; FERREIRA et al., 1999).

Muitos são os parâmetros que afetam nos resultados de aplicações dos fitossanitários. Estes parâmetros podem ser classificados em equipamento (tamanho de gota, tamanho do ventilador, volume de ar, direção e velocidade do ar), aplicação (taxa de aplicação, orientação e velocidade de avanço do bocal), alvo (variedade, estrutura da copa, área, cada linha e linhas alternadas), fatores meteorológicos (velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade) e do operador (atitude e habilidade) (FAROOQ; LANDERS, 2004). Encontrar a melhor combinação destes fatores é muito difícil, exigindo do produtor que sejam feitos muitos ensaios para se obter um melhor resultado na aplicação.

Um aspecto que vem sendo utilizado para a redução de produtos fitossanitários, é o método do TRV (Tree – Row – Volume), que otimiza a pulverização adequando o volume de calda à ser aplicado de acordo com o volume do dossel da planta.

2.3. Método TRV (Tree – Row – Volume)

Encontrar o volume de calda ideal na aplicação de produtos fitossanitários em culturas arbóreas é uma tarefa difícil, em virtude de essas culturas possuírem diferentes volumes e densidade de copa. O controle inadequado do volume de fitossanitário aplicado pode acarretar excesso ou falta de produto, gerando problemas ambientais ou controle ineficiente da enfermidade a ser tratada (CORDEIRO, 2013).

A busca por uma maior eficiência dos equipamentos de aplicação de fitossanitários, com conseqüente redução dos custos, tem levado os agricultores a diminuir o volume de calda aplicada (SILVA, 1999; SOARES; LEÃO, 2008). O uso de baixos volumes de calda em aplicação de fitossanitários aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, além de reduzir o risco de contaminação ambiental durante a aplicação, pois reduz as perdas para o solo e, em muitos casos, a evaporação e à deriva (CORDEIRO, 2013). Com o desenvolvimento da capacidade operacional, a máquina passa a realizar aplicações em áreas maiores em curto período de tempo, porém, isso é válido desde que existam boas condições de temperatura, umidade e velocidade do vento (CHRISTOFFOLETI, 1999).

No Brasil, usualmente, os volumes de aplicação de fitossanitários são recomendadas de acordo com a área cultivada, desconsiderando a variabilidade existente quanto à arquitetura e estágio de desenvolvimento das plantas e a densidade do dossel, o que pode acarretar em um tratamento inadequado e gerar muita perda de produtos. Morgan (1964) apud Manktelow e Praat (1997) abordou esse problema escolhendo um método, o qual chamou de TRV, do inglês Tree Row Volume, que em português quer dizer “volume de linha de planta”, que consiste em medir o volume ocupado pela cultura em uma linha de cultivo. Essa metodologia faz com que as doses de fitossanitários sejam recomendadas de acordo com o volume de copa ao invés de recomendações por área de cultivo e pela bula, como é recomendado pela maior parte dos produtos disponíveis no mercado.

O conceito de TRV foi desenvolvido com a intenção de adaptar a dose de produtos fitossanitários e volume de calda, para pomares em diferentes países, onde as árvores variam em idade, sistema de poda, forma da árvore e distância entre linhas (RUEGG et al., 1999). Determinar os volumes a serem aplicados na cultura em função do conceito de volumetria das árvores (TRV), poderá constituir um meio importante para otimizar o processo de pulverização (SOARES; LEÃO, 2008).

Este método foi incluído nas recomendações para produtos fitossanitários pela Swiss Federal Research Station e nas diretrizes para a produção integrada no ano de 1996. Cross et al. (2001) realizaram avaliações de diferentes volumes de aplicação em pomares com diferentes valores de TRV que vão de 8349 a 19224 m³, notaram que a variação nos volumes de aplicação produz pouco efeito sobre os depósitos, mas a perda aumenta inversamente com o tamanho das árvores. Isto lhes

permitiu concluir que a dose deve ser ajustada para volumes de aplicação variáveis e manutenção de uma concentração constante.

Herrera-Aguirre e Unrath (1980), obtiveram bons resultados com o método do TRV na redução da variabilidade dos depósitos em aplicações de defensivos em maçã da variedade Red Delicious Spur, em que foi determinada um volume de 0,116 L de calda por cada m³ de folhagem.

Siegfried e Holliger (1996) relataram que o conceito de TRV foi estudado na Suíça para prever a taxa de aplicação em frutíferas e, por meio desta metodologia, conseguiu-se uma economia de 15 a 20% de defensivos agrícolas nas aplicações.

2.4. Pulverizador Pneumático

No mercado de produtos fitossanitários, encontram-se vários tipos de equipamentos utilizados para sua aplicação. Esses equipamentos podem ser classificados de diversas formas, desde o tipo de produto aplicado (sólido, líquido e gasoso), fonte de potência (manual, tração animal, motorizado, tratorizado e aéreo) e tipo de acoplamento da máquina (montado, de arrasto autopropelido) (CORDEIRO 2013).

O pulverizador pneumático costal motorizado é constituído de um motor de combustão interna monocilíndrico de dois tempos, a gasolina, de baixa potência, que aciona um ventilador centrífugo. O líquido contido no reservatório de calda pode ser conduzido por gravidade, através de um sistema de mangueiras, passando por um registro de saída de calda até o mecanismo dosador instalado no bocal, constituindo por um duto alongado responsável pela condução da corrente de ar até o alvo (ABNT, 1993).

Na agricultura o pulverizador pneumático costal motorizado, também chamado de atomizador costal, é uma máquina adequada para aplicação de inseticidas ou fungicidas em diversas culturas como cereais, citros, plantas frutíferas, hortaliças e legumes, de elevado índice de área foliar, não sendo indicado para aplicação de herbicidas.

A pulverização pneumática ocorre com a injeção da calda sob baixa pressão, as gotas são transportadas por uma corrente de ar gerada por um ventilador centrífugo, alcançando grandes distâncias ou se deslocando no interior do dossel da

planta (jorro transportado). As gotas menores resultantes da pulverização pneumática podem ser afetadas pela própria corrente de ar responsável pelo seu transporte até o alvo e pelas condições climáticas, causando deriva e evaporação (MEWES et al, 2015).

O uso de pulverizadores com assistência de ar é uma importante ferramenta na aplicação de produtos fitossanitários em frutíferas (ABI-SAAB, 2000). Segundo Holownicki et al. (2000) os pulverizadores com jorro transportado são os mais utilizados em frutíferas. São fáceis de operar e eficientes em controle de pragas e doenças. Para Matthews (2000) o uso apropriado de assistência de ar é exigido para melhorar a distribuição e a direção dos produtos fitossanitários aplicados nas diversas partes da planta.

A qualidade da pulverização pneumática é considerada satisfatória, pois permite que o produto aplicado chegue inclusive à superfície inferior das folhas (GADANHA JÚNIOR et al. 1991, TAKENAGA, 1973).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do local do ensaio e condições climáticas

O experimento foi realizado no município de Cajuri, Minas Gerais. O clima da região é classificado como Cwa (mesotérmico), com verões chuvosos e invernos secos, e temperatura média de mês mais quente superior a 22°C, de acordo com a classificação de Köppen (1948).

As unidades experimentais foram distribuídas em uma área cultivada com tomate comercial gerenciado em um sistema de tutoramento vertical, com espaçamento entre linhas de plantio de 1,20 m, altura média de 2,00 m, largura de vegetação média de 0,60 m e índice de área foliar de 2,85.

Durante a aplicação as condições psicrométricas do ar (Temperatura e Umidade Relativa) foram monitoradas constantemente, com o auxílio de um Thermo-Higrômetro digital, marca INTRUTEMP, modelo ITHT2210 e a velocidade do vento foi monitorada com o auxílio de um Thermo-Anemômetro digital, marca INSTRUTHERM, modelo TAFR-180 (Figura 1).



Figura 1. (a) Thermo-Higrômetro; (b) Thermo-Anemômetro

3.2. Características do pulverizador

Foi utilizado um pulverizador pneumático costal, marca Guarany, modelo PL 52 2500, constituído por motor à gasolina de dois tempos, tanque de combustível de 2,0 L, depósito de defensivo com capacidade de armazenamento de 18 L de calda, ventilador centrífugo com rotação máxima de 7000 rpm, e vazão do líquido de 200 a 2500 mL min⁻¹ (Figura 2).



Figura 2. Pulverizador Pneumático Motorizado. Fonte: GUARANY, 2016.

3.3. Seleção dos volumes de pulverização

O critério para a determinação do volume de calda para aplicação foi por meio do método TRV, considerando as dimensões dos dosséis das plantas no talhão. Para mensurar o volume foliar, foi necessário conhecer a altura, a largura da planta e o espaçamento entre linhas, sendo utilizada para essa determinação uma trena. Nesse método, a determinação do volume a ser pulverizado é feita com base no volume de vegetação existente na área, ou seja, um volume predeterminado em função do volume de vegetação existente em um hectare (Equação 1):

$$\text{TRV} = \frac{h L 10000}{D} \quad (1)$$

em que

TRV = Volume da vegetação ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$);

h = Altura de vegetação (m);

L = Largura de vegetação (m); e,

D = Distância entre as linhas (m).

Com o valor de TRV calculado ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e os índices volumétricos estipulados como tratamento (Quadro 1), foi possível calcular o volume de pulverização em (L ha^{-1}) por meio da Equação 2:

Quadro 1. Índices volumétricos utilizados como tratamentos

Tratamentos	Índice Volumétrico (mL m ⁻³)
T ₁	5
T ₂	10
T ₃	15
T ₄	20
T ₅	25

$$VP = \frac{TRV \cdot IV}{1000} \quad (2)$$

em que

VP = volume de pulverização (L ha⁻¹);

TRV = Volume da copa das árvores (m³ ha⁻¹); e,

IV = índice volumétrico (mL m⁻³).

Quadro 2. Índices volumétricos recomendados para diferentes volumes de pulverização

Volume de Pulverização	Índice Volumétrico (mL m ⁻³)
Muito Alto	120
Alto	100
Médio	70
Baixo	50
Muito Baixo	30
Ultra Baixo	10

Fonte: Adaptado de *Virginia Cooperative Extension Service*, (1989).

3.4. Calibração do conjunto aplicador-atomizador

Para a calibração do equipamento em campo, determinamos a velocidade de trabalho utilizada pelo operador para realizar as aplicações. Com um cronômetro, marcou-se o tempo gasto para que o conjunto aplicador-atomizador percorresse uma distância de 30 m. Para adquirir uniformidade de trabalho, foram feitas várias repetições até que o aplicador atingisse uma cadência de trabalho regular e precisa, sendo a aplicação sempre no mesmo sentido de baixo para cima, e o tanque do atomizador sempre cheio.

Sendo assim, calculou-se a vazão da ponta ($L \text{ min}^{-1}$) necessária de acordo com os dados obtidos por meio da Equação 3:

$$q = \frac{Q \ V \ f}{600} \quad (3)$$

em que

q = vazão da ponta ($L \text{ min}^{-1}$);

Q = volume da calda ($L \text{ ha}^{-1}$);

V = velocidade de trabalho (km h^{-1}); e,

f = faixa aplicada (m).

Logo, foi coletada a vazão das pontas dosadoras para cada tratamento. Foi utilizada uma proveta graduada, com o pulverizador ligado na sua aceleração máxima e o ventilador ligado obtendo assim as médias das vazões da ponta com quatro repetições.

Após a calibração do equipamento, foi realizado o preenchimento do tanque utilizando água e corante alimentício azul brilhante na concentração de $3,0 \text{ g L}^{-1}$ (PALLADINI et al., 2005). O corante em solução aquosa serviu como marcador para posterior quantificação do volume da calda que ficou retido no alvo. Posteriormente foram feitas as aplicações a campo, seguindo todas as recomendações básicas para uma aplicação adequada e segura. Os ensaios foram realizados na fase de frutificação da cultura do tomateiro.

3.5. Determinação da porcentagem de cobertura e densidade populacional de gotas

A determinação da porcentagem de cobertura e densidade de gotas, foram realizadas pelo método da análise de imagem de etiqueta hidrossensível, por meio do *software cir 1.5*.

Em cada terço (superior, médio e inferior) foram fixadas duas etiquetas de papel hidrossensível com dimensões de 31 x 32 mm de acordo com as posições (externa e interna), obtendo 6 etiquetas por planta avaliada, totalizando 36 etiquetas por tratamento. A qualidade da pulverização foi avaliada de forma indireta, com base na quantidade e área de pontos azuis originados pelo processo de ionização ocorrido pelo contato da água com o azul de bromofenol que cobre a película de papel fotográfico.

Para a amostragem da pulverização foi utilizada uma malha com três fios em alturas diferentes, onde foram fixadas as etiquetas de papel hidrossensíveis para a verificação da deposição de gotas na planta em diferentes posições (externa e interna) e em diferentes alturas (terço inferior, médio e superior), (Figura 3).

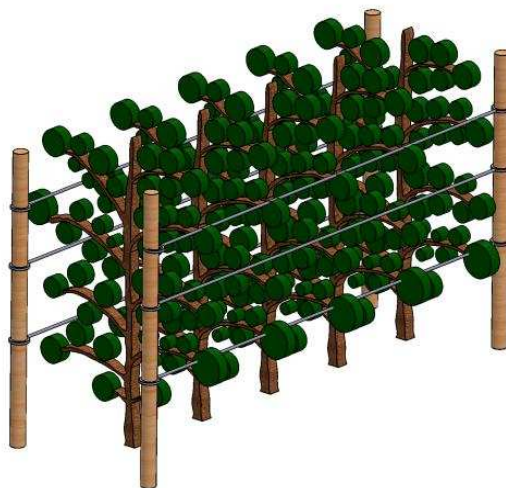


Figura 3. Malha amostral com três fios em alturas e posições diferentes, onde foram fixadas as etiquetas de papel hidrossensíveis.

Após a secagem do corante, as etiquetas de papel hidrossensível foram coletadas com o auxílio de luvas cirúrgicas e acondicionadas em envelopes devidamente identificados por suas posições na malha e encaminhadas para o LADA sendo, posteriormente, digitalizadas e submetidas às análises de cobertura e densidade de gotas pelo *software cir 1.5*. A porcentagem de cobertura do alvo pela

calda foi obtida pela relação entre a área coberta pelas gotas e a área total das etiquetas, sendo esta cobertura desejada de no máximo 20%, valores acima desta referência pode causar perdas por escorrimento. A recomendação mínima do número de impactos para um dado produto aplicado foi descrita por Barthelemy et al., (1990) (Quadro 3).

Quadro 3. Recomendações das populações de gotas para os diferentes tratamentos

Produto	Tratamento	Volume de Calda (L ha ⁻¹)	Densidade (gotas cm ⁻²)
Herbicidas	Pré-plantio	200-500	20-40
	Pré-emergência	150-300	20-30
	Pós-emergência	150-300	30-40
Inseticidas		300-400	20-30
Fungicidas		300-400	50-70

Fonte: Barthelemy et al. , 1990

3.6. Deposição do volume de calda nas folhas do tomateiro

Para a avaliação da deposição de pulverização foi utilizado como marcador o corante alimentício azul brilhante (PALLADINI et al., 2005) em solução aquosa (3.000 mg L⁻¹). Em cada parcela, após a pulverização, foram colhidas duas folhas de acordo com o terço e a profundidade.

As folhas colhidas foram colocadas individualmente em sacos plásticos e acondicionadas em caixa térmica de poliestireno expandido. Após a coleta, as folhas foram encaminhadas ao LADA do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Em cada saco plástico foram colocados 50 mL de água destilada e em seguida procedeu-se à agitação por 30 s, visando à remoção do corante das folhas (Figura 4).



Figura 4. Procedimento de lavagem das folhas com água destilada para extração do traçador azul brilhante.

As soluções obtidas na lavagem das folhas (água mais corante) foram analisadas em espectrofotômetro SP-22 (Figura 9), no comprimento de onda de 630 nm (faixa de detecção do corante utilizado), conforme Palladini et al., 2005 (Figura 5).



Figura 5. Espectrofotômetro SP-22

Após as análises em espectrofotômetro, as folhas foram submetidas à medição de área foliar em integrador de bancada Licor Equipamentos® 3100 (Figura 6).



Figura 6. Integrador de bancada Licor Equipamentos

De posse da concentração do corante da calda aplicada no campo e do volume de diluição das amostras, determinou-se o volume retido no alvo. Com essa avaliação procedeu-se então à divisão do depósito total do volume retido no alvo pela área foliar da qual foi removido, obtendo-se, assim, a quantidade em $\mu\text{L cm}^{-2}$ de folha, de acordo com a Equação 5:

$$C_i V_i = C_f V_f \quad (4)$$

em que

C_i = Concentração inicial do marcador na calda (mg L^{-1});

V_i = Volume retido pelo alvo (μL);

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

V_f = Volume de diluição da amostra de cada planta (μL).

3.5. Determinação do espectro de gotas

O espectro de gotas produzido pelo bocal atomizador do pulverizador pneumático também foi avaliado em laboratório, utilizando-se nesse caso um analisador de partículas a *laser* (Spraytech), marca *Malvern Instruments* (Figura 7), que possui uma lente focal de 750 mm. Foram realizadas quatro pulverizações, com

o bocal de saída posicionado a 0,5 m do feixe do laser, sendo que o analisador foi calibrado para contabilizar gotas cujo diâmetro estava na faixa de 0,1 a 2.500 μm .



Figura 7. Analisador de partículas a laser (*Malvern Instruments*).

O estudo do espectro de gotas foi composto pelos seguintes indicadores:

a) DMV- Diâmetro da gota que separa a população de gotas, ordenadas de menor a maior, em duas metades iguais, em volume de líquido (diâmetro da mediana volumétrica ou DMV);

b) amplitude relativa ou SPAN, por definir a homogeneidade do diâmetro das gotas da pulverização, deste modo, quanto menor for este valor, mais homogêneo é o tamanho das gotas da amostra, e este é calculado pela Equação 6;

c) porcentagem do volume pulverizado composta por gotas menores que 100 μm (%v < 100 μm (%)).

O diâmetro da mediana volumétrica e a amplitude relativa foram analisados paralelamente na caracterização da qualidade de uma aplicação, pois isoladamente o diâmetro volumétrico é um valor de referência, que não indica a dispersão dos dados em torno de si, já a amplitude relativa indica a homogeneidade do tamanho de gotas.

$$SPAN = \frac{Dv_{0.9} - Dv_{0.1}}{Dv_{0.5}} \quad (5)$$

em que

SPAN = Amplitude relativa (adimensional);

$D_{0,9}$ = Diâmetro da gota abaixo do qual está contido 90% do volume total de líquido correspondente às gotas da amostra (μm);

$D_{0,1}$ = Diâmetro da gota abaixo do qual está contido 10% do volume total de líquido correspondente às gotas da amostra (μm); e,

$D_{0,5}$ = diâmetro de mediana volumétrica (μm).

3.6. Análise estatística

O experimento foi realizado seguindo um esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os terços (superior, médio e inferior), nas subparcelas as profundidades (externa e interna) e nas sub-subparcelas os índices volumétricos (5, 10, 15, 20 e, 25 mL m^{-3}) em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com seis repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a calibração do pulverizador foi feito o cálculo do volume de pulverização pelo método do volume de vegetação da cultura (TRV). De acordo com as dimensões avaliadas no tomateiro o valor do TRV foi de 10000 m³ ha⁻¹ e os volumes de pulverização variaram de acordo com os índices volumétricos (Quadro 4).

Quadro 4. Volume de pulverização e índices volumétricos utilizados como tratamentos

Tratamentos	Índice Volumétrico (mL m ⁻³)	Vol. de Pulverização (L ha ⁻¹)
T ₁	5	50
T ₂	10	100
T ₃	15	150
T ₄	20	200
T ₅	25	250

Após determinar o volume a ser aplicado de acordo com cada tratamento, calculou-se a vazão necessária de cada ponta, considerando uma velocidade de aplicação de 3 km h⁻¹ (Quadro 5).

Quadro 5. Índice volumétrico, volume pulverizado, velocidade e vazão das pontas após calibração do pulverizador pneumático

IV (mL m ⁻³)	VP (L ha ⁻¹)	Velocidade (Km h ⁻¹)	Vazão da ponta (L min ⁻¹)
5	50	3,0	0,150
10	100	3,0	0,300
15	150	3,0	0,450
20	200	3,0	0,600
25	250	3,0	0,750

As aplicações foram realizadas no período da manhã, monitorando sempre as condições psicrométricas do ar. Durante a aplicação os valores médios da umidade relativa do ar e temperatura ambiente foram respectivamente de 72%, 24,7°C e a velocidade do vento variou de 2 a 10 km h⁻¹, considerado o trabalho viável em relação a perdas por evaporação e deriva.

Aplicando-se o teste Tukey às médias de cobertura das etiquetas para os diferentes tratamentos, observou-se diferença significativa no primeiro tratamento (5 mL m⁻³) com relação aos demais (10, 15, 20, 25 mL m⁻³). A porcentagem de cobertura do volume aplicado de 5 mL m⁻³, foi de 3,35% sendo a menor cobertura quando comparada aos demais índices volumétricos aplicados (Quadro 6).

Quadro 6. Valores médios de cobertura (%) para diferentes índices volumétricos

IV (mL m ⁻³)	Cobertura (%)
5	3,35 b
10	5,30 a
15	5,68 a
20	6,13 a
25	6,18 a

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Entretanto, com relação aos terços da planta (superior, médio e inferior), não houve diferença significativa entre os tratamentos, apresentando uma média de cobertura (%) na faixa de 5,12 á 5,44 % (Quadro 7).

Quadro 7. Valores médios de cobertura (%) nos diferentes terços da planta

Terço	Cobertura (%)
Superior	5,12 a
Médio	5,43 a
Inferior	5,44 a

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente ente si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Já com relação às posições (externa e interna), percebe-se que ocorreram diferenças significativas entre os valores de cobertura (%), sendo a posição interna a de menor cobertura (Quadro 8).

Quadro 8. Valores médios de cobertura (%) nos diferentes posições na planta

Posição	Cobertura (%)
Externa	7,36 a
Interna	3,30 b

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente ente si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No quadro 9 observa-se as médias de interação entre os índices volumétricos e os terços da planta, o tratamento com índice volumétrico de 5 mL m^{-3} , diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, e não obteve-se diferença entre os terços da planta, apresentando uma cobertura inferior (3,08%) em relação aos outros tratamentos. No segundo tratamento empregando-se o índice volumétrico de 10 mL m^{-3} , pode-se observar uma diferença significativa entre os terços da planta, o terço médio apresentou uma cobertura 6,73% excedendo as demais (Quadro 9). A cobertura pode variar de acordo com a densidade da planta.

Quadro 9. Valores médios de cobertura (%) na interação entre índice volumétrico e terços na planta

Cobertura (%)			
IV (mL.m⁻³)	Terço		
	Superior	Médio	Inferior
5	3,08 bA	3,28 bA	3,68 cA
10	4,77 abB	6,73 aA	4,39 bcB
15	5,27 aA	5,46 aA	6,32 abA
20	5,81 aA	5,62 aA	6,96 aA
25	6,65 aA	6,06 aA	5,85 abA

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra maiúscula, nas linhas e, as seguidas de, pelo menos, uma mesma letra minúscula, nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando a interação entre os tratamentos e as posições observou-se diferença estatística em todos os tratamentos e menor cobertura nas etiquetas posicionadas na parte interna da malha em relação à externa (Quadro 10). Segundo Ruas et al., (2011) tal fato pode ser devido à distância do pulverizador no momento da aplicação, podendo aumentar a cobertura da parte externa por estar mais exposto ao pulverizador.

Quadro 10. Valores médios de cobertura (%) na interação entre índice volumétrico e posições na planta

Cobertura (%)		
IV (mL m⁻³)	Posição	
	Externo	Interno
5	4,54 bA	2,16 bB
10	7,81 aA	2,78 abB
15	7,83 aA	3,53 abB
20	8,38 aA	3,88 abB
25	8,25 aA	4,12 aB

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra maiúscula, nas linhas e, as seguidas de, pelo menos, uma mesma letra minúscula, nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Uma explicação para esse fato pode estar relacionada com o diâmetro das gotas, pois um maior diâmetro resulta em maior volume, com isso as gotas tendem a interceptar os alvos mais próximos, apresentando baixa capacidade de penetração (Paixão, 2016). Cobertura acima de 20% é considerada excessiva e leva a perda de produtos por escorrimento, aumentando a possibilidade de contaminação do operador e do ambiente.

Comparando a cobertura de um pulverizador costal (sem assistência de ar) com o pulverizador motorizado (com assistência de ar) obteve-se uma grande diferença na cobertura, sendo o motorizado considerado o melhor para a aplicação (RUAS et al., 2011). Resultado semelhante ao encontrado por Scudeler et al. (2004), que estudaram o uso de ethephon e fatores inerentes à forma de aplicação no cafeeiro, e constataram que a utilização de pulverizadores dotados de assistência de ar promoveu maior nível de cobertura dos frutos.

O objetivo de uma aplicação de fitossanitários segura é diminuir cada vez mais os níveis de resíduos, elevar a qualidade dos produtos colhidos e diminuir o custo de produção no Brasil. Segundo Zhu et al., 2008 no Brasil cerca de 70% do total pulverizado é perdido para o ambiente.

O volume de pulverização de 50 L ha⁻¹, obteve cobertura do alvo suficiente para uma aplicação de fungicidas no tomateiro, devido ao pulverizador pneumático (assistência de ar) fazer a movimentação das folhas e fazer com que o produto penetre no dossel da planta. Isso significa que é possível realizar aplicações de fitossanitários a volumes de calda reduzidos com o pulverizador pneumático motorizado, levando-se em consideração a escolha da ponta dosadora e a velocidade de aplicação corretas, obtendo-se resultados satisfatórios quanto à cobertura.

A análise da densidade de gotas, expressa em gotas por cm⁻², independentemente do terço e posição avaliada, o pulverizador pneumático costal proporcionou boa distribuição, com densidade de gotas que variaram de 304,47 a 438,06 gotas cm⁻², diferindo estatisticamente alguns tratamentos (Quadro 11).

Quadro 11. Valores médios de densidade (gotas cm^{-2}) para diferentes índices volumétricos

IV (mL m^{-3})	Densidade (gotas cm^{-2})
5	304,47 b
10	339,97 ab
15	375,50 ab
20	438,06 a
25	331,25 ab

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No quadro 12 observa-se que não houve diferença estatística entre os terços, porém a parte inferior apresentou menor densidade de gotas.

Quadro 12. Valores médios de densidade (gotas cm^{-2}) nos diferentes terços da malha amostral

Terço	Densidade (gotas cm^{-2})
Superior	357,37 a
Médio	381,17 a
Inferior	335,02 a

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A maior densidade de gotas na parte externa diferiu estatisticamente da parte interna (Quadro 13), essas diferenças podem ser justificadas pela arquitetura da planta, a densidade foliar e pela perda de energia do jorro lançado.

Quadro 13. Valores médios de densidade (gotas cm^{-2}) nas diferentes posições da malha amostral

Posição	Densidade (gotas cm^{-2})
Externa	537,98 a
Interna	177,72 b

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 14. Valores médios de densidade (gotas cm⁻²) em diferentes terços da malha amostral, de acordo com o índice volumétrico aplicado em cada tratamento

Densidade (gotas cm⁻²)			
IV (mL.m⁻³)	Terço		
	Superior	Médio	Inferior
5	280,00 bA	318,00 aA	315,42 abA
10	334,92 abAB	434,25 aA	250,75 bB
15	367,75 abA	406,58 aA	352,17 abA
20	449,92 aA	408,25 aA	456,00 aA
25	354,25 abA	338,75 aA	300,75 bA

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra maiúscula, nas linhas e, as seguidas de, pelo menos, uma mesma letra minúscula, nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 15. Valores médios de densidade (gotas cm⁻²) em diferentes posições da malha amostral, de acordo com o índice volumétrico aplicado em cada tratamento

Densidade (gotas cm⁻²)		
IV (mL m⁻³)	Posição	
	Externo	Interno
5	448,39 bA	160,56 aB
10	534,50 bA	145,44 aB
15	558,83 abA	192,17 aB
20	690,17 aA	185,94 aB
25	458,00 bA	204,50 aB

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra maiúscula, nas linhas e, as seguidas de, pelo menos, uma mesma letra minúscula, nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios obtidos de densidade de gotas variaram de 177,72 a 537,98 gotas cm⁻². Assim, em todos os índices volumétricos estudados, o número de gotas foi suficiente para uma aplicação de fungicida segundo Barthelemy *et al.* (1990) que seria na faixa de 50-70 gotas cm⁻².

À medida que se reduz o volume de aplicação, a tendência é produzir gotas menores. O número e tamanho de gotas que se depositam por unidade de área do solo ou da superfície foliar desempenha um papel preponderante na eficiência das aplicações (Costa, 2009).

Uma distribuição uniforme da densidade de gotas de um determinado diâmetro possibilita o sucesso da aplicação, mesmo com a utilização de baixos volumes de calda, o que aumenta a importância de se conhecer a melhor combinação entre densidade e diâmetro de gotas, cujo controle é realizado, via pulverização (Ferreira, 2003).

Para determinar a concentração (mg mL^{-1}) depositada de gotas, foi elaborada uma curva de calibração de linearidade obtida entre a leitura da absorvância no espectrofotômetro e as concentrações do corante azul brilhante obtidas a partir de diluições da solução aplicada (Figura 8).

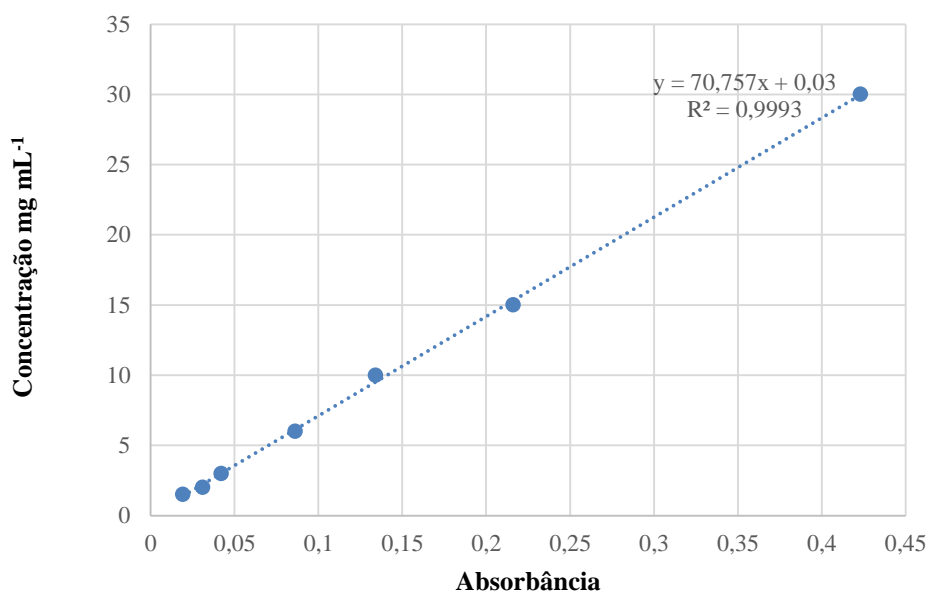


Figura 8. Curva de calibração do corante azul brilhante em solução padrão da calda aplicada com o atomizador.

Aplicando-se o teste de Tukey às médias de deposição de calda nas etiquetas, observou-se que não houve interação significativa entre os fatores. Analisando os fatores, observa-se que existe uma diferença significativa entre os parâmetros, volume aplicado, terço, e posição (Quadro 16, 17 e 18). Verifica-se que os índices volumétricos 5 e 20 mL m^{-3} , apresentaram a mesma deposição de calda ($0,030 \mu\text{L cm}^{-2}$), isso pode ser devido ao diâmetro de gotas diferentes produzido pelo pulverizador pneumático (Quadro 16).

Devido à elevada densidade de folhas, as gotas maiores depositam-se nos alvos mais expostos e são responsáveis pelo maior acúmulo nas partes externas das plantas (Quadro 18).

Quadro 16. Valores médios de deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para diferentes índices volumétricos

IV (mL m^{-3})	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
5	0,030 ab
10	0,029 ab
15	0,024 b
20	0,030 ab
25	0,039 a

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 17. Valores médios de deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$) nos diferentes terços na malha amostral

Terço	Deposição ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
Superior	0,025 c
Médio	0,030 b
Inferior	0,036 a

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 18. Valores médios de deposição ($\mu\text{L.cm}^{-2}$) nos diferentes posições na malha amostral

Posição	Deposição ($\mu\text{L.cm}^{-2}$)
Externa	0,032 a
Interna	0,029 b

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A tendência de depósitos e coberturas mais homogêneos quando se utiliza pontas pneumáticas é relatada por diversos autores (SCUDELER et al., 2004; MIRANDA, 2009; RUAS et al., 2011). Durante a aplicação a relação de alguns fatores como tipo de pulverizador, temperatura, umidade relativa, DPV e velocidade do vento devem sempre ser avaliados para minimizar as perdas por deriva e, conseqüentemente, facilitar a deposição da calda no alvo de interesse.

Segundo Marti et al., (2006), dificilmente se conseguem deposições uniformes de gotas nas folhas no interior do dossel das plantas, principalmente em plantas arbóreas quando utiliza-se um pulverizador hidráulico, o aumento na eficiência da deposição pode ser obtido utilizando-se pulverizadores com assistência de ar e isso foi constatado no presente trabalho.

Mesmo obtendo valores de cobertura e deposição inferiores nas posições internas, a elevada densidade de gotas depositadas apresenta boa capacidade de distribuição da calda, garantido a chegada do produto nas diferentes partes do dossel, pois, por menor que seja o tamanho da gota, em seu interior se encontra o ingrediente ativo que em contato com o alvo, agirá no seu controle (PAIXÃO, 2016)

Com esse resultado observa-se que é possível obter uma boa deposição nas plantas mesmo utilizando volume de aplicação abaixo do recomendado por Barthelemy *et al.*, (1990) na aplicação de fungicidas. Isso é viável para o agricultor favorecendo a economia, redução da intoxicação, aumento na eficiência de trabalho e contribuindo com a diminuição da contaminação do meio ambiente e operador.

Aplicando o teste Tukey para comparação dos tratamentos quanto ao espectro de gotas, obteve-se valores do Diâmetro da Mediana volumétrica (DMV) na faixa de 53,49 a 66,47 μ m, sendo considerado pela Associação dos Engenheiros Agrícolas Americanos (ASAE) uma classificação de gotas finas, recomendado para aplicações de fungicidas.

O aumento do volume de pulverização gerou um aumento do diâmetro de gotas, pode-se observar que não houve diferença estatística entre o DMV dos tratamentos T₁, T₃, T₄ e T₅, porém o tratamento T₂ apresentou um DMV de 66,47 μ m, diferindo estatisticamente do T₁ e T₄ (Quadro 19).

Quadro 19. Valores médios de DMV (μm), gotas ($< 100 \mu\text{m}$) e, SPAN para diferentes índices volumétricos

IV (mL m^{-3})	DMV (μm)	Gotas% ($< 100\mu\text{m}$)	SPAN
5	53,49 b	74,92 ab	1,15 a
10	66,47 a	51,66 c	1,24 a
15	57,69 ab	66,11 abc	1,07 a
20	55,81 b	78,48 a	1,02 a
25	59,53 ab	61,67 bc	1,18 a

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O SPAN do primeiro tratamento foi de 1,15, apresentando pequena variação nos tamanhos de gotas. Quanto maior o valor da amplitude relativa (SPAN), maior será a faixa de tamanho das gotas pulverizadas. Os tratamentos variaram de 1,02 a 1,18 de amplitude relativa.

Para ser considerado homogêneo, o espectro de gotas de uma ponta dosadora deve possuir valor de amplitude relativa tendendo a zero. Os valores de DMV e amplitude relativa devem ser analisados conjuntamente para a caracterização da pulverização. O DMV corresponde ao diâmetro da gota que separa as gotas em 50% do volume do líquido pulverizado, sendo o DMV um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados (Christofolletti, 1999). Já a amplitude relativa refere-se à homogeneidade do tamanho das gotas.

A porcentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro menor que $100 \mu\text{m}$ foi alta em todos os tratamentos, sendo o primeiro considerado a de maior intensidade com 74,92% de gotas menores que $100 \mu\text{m}$ (Quadro 16), superando o valor de referência (15%) que é considerado adequado para aplicações seguras, ou seja, com menor risco de deriva (CUNHA et al., 2003). Essas condições propiciam maiores coberturas e densidade de gotas depositadas, no entanto, é importante sempre levar em consideração as condições ambientais ($T \text{ } ^\circ\text{C}$, UR%), pois quanto mais finas as gotas maiores as chances de serem carregadas pelo vento para fora do alvo ou ainda sofrerem evaporação (FERREIRA et al., 2009; FONTES, 2012).

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, pode-se concluir que:

- O ajuste do índice volumétrico de acordo com as variações de densidades foliares permite reduzir o volume de calda aplicado na cultura do tomateiro.

- O índice volumétrico de 5 mL m^{-3} , com um volume de calda de 50 L ha^{-1} atendeu a todos os requisitos estudados segundo as recomendações para uma aplicação de defensivos agrícolas segura e eficiente.

- O índice volumétrico de 5 mL m^{-3} atendeu o número de gotas para uma aplicação de fungicida.

- Em todos os índices volumétricos estudados a maior deposição de calda ocorreu nas posições externas.

- A deposição do menor índice volumétrico (5 mL m^{-3}) aplicado, proporcionou 74,92% de gotas abaixo de $100 \mu\text{m}$, sendo consideradas gotas finas.

- A redução dos volumes de pulverização foi acompanhada por um aumento significativo do número de gotas e redução do tamanho das mesmas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, O. J. G. **Avaliação de cobertura e depósitos de agrotóxicos em videiras com o uso de diferentes técnicas de aplicação e condições operacionais.** 2000. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 2000.

ALMEIDA, V. S. **Sistema Viçosa: Nova proposta para o cultivo do tomateiro.** 2012. 55p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2012.

ALMEIDA VS; SILVA DJH; GOMES CN; ANTONIO AC; MOURA AD; LIMA ALR. Sistema Viçosa para o cultivo de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, vol.33, nº 1, 2015.

ALVARENGA, C. B. **Controle automático do espectro de gotas de pulverizador hidropneumático em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar.** Pesquisa Agropecuária Tropical. v. 43, n. 1, 2013.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas.** 1. ed. Santa Maria: UFSM, 142 p. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Pulverizador agrícola: NBR-12936.** Rio de Janeiro, 5 p. 1993.

BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulvérisation.** Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 160p. 1990.

CHRISTOFFOLETI, J. C. Pulverização ou aplicação? São Paulo: **Teejet South América**, p. 2-5. (Boletim Técnico BT01/99). 1999.

CHRISTOFFOLETTI, J.C. Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. São Paulo: **Teejet**, 15p. 1999.

CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY R.A.; RICHARDSON G.M. **Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 1. Effects of spray liquid flow rate.** Crop Protection, 2001.

CORDEIRO, I. **Depósito e perdas em aplicações de defensivos na cultura do cajueiro com o uso de diferentes taxas e equipamentos de aplicação.** 2013. 57p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará. Ceará. 2013.

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

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

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

COSTA, J. P. **Fisiologia pós-colheita e qualidade de abacaxi 'Golden' produzidos na Paraíba**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations. **FAOSTAT: base de dados**. 2013. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> >. Acesso em: 13 de janeiro de 2017.

FAROOQ, M.; LANDERS, A.J. Interactive effects of air, liquid and canopies on spray patterns of axial-flow sprayers. In: Annual International Meeting Sponsored, Michigan. Anais, ASAE/CSAE. p.12, 2004

FERREIRA, M. C. **Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar**. In: Atualização em produção de cana-de-açúcar, v. 1, p. 293-303. 2006.

FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L. Tecnologia de aplicação de herbicidas. In: SILVA, A. A; SILVA, J. F. da. (eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Ed. UFV, Viçosa, MG. p. 325-367, 2009.

FERREIRA, M.C. Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros. 2003. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FERREIRA, M.C.; MATUO, T.; BARBOSA, J.C Validação de modelo matemático para simulação da capacidade operacional de turbo atomizadores em citros. **Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 1, 1999.

FONTES, L. O. **Desempenho operacional de pontas de pulverização para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do melão**. 2012. 88p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró. 2012.

FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. Produção de tomate de mesa. 1. ed. **Viçosa: Aprenda Fácil**, 193 p. 2002.

GADANHA JÚNIOR, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; YHAN, C. H.; TOMIMORI, S. M. A. W. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: IPT, 468 p.1991.

GEISENBERG, C.; STEWART, K. Field crop management. In: ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. (Ed.) **The tomato crop**. London: **Chapman & Hall**, cap.13, p.511–557, 1986.

GUARANY, Guarany Indústria e Comércio Limitada. **Pulverizador Pneumático Motorizado**. Disponível em:. Acesso em: 01/10/2016.

HERRERA-AGUIRRE, E.; UNRATH, C. Chemical Thining Response of Delicious" Apples to Volume of Applied Water. **Hort Science**, 1980.

HOLOWNICKI, R.; DORUCHOWSKI, G.; SWIECHOWSKI, W.; GODYN, A. Automatic self adjusting air-jet sprayer concept for fruit trees. In: **INTERNATIONAL 47 CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, Warwick**. Anais Warwick, 10 p. Paper 00053. 2000.

IBGE- Instituto Brasileiro De Geográfica E Estatística. **Dados da produção nacional de tomate**. Levantamento Sistemático Da produção Agrícola, vol. 29, nº5, p.074-75, 2016.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2015. Disponível em <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201501.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201501.pdf)>. Acesso em: 13 de janeiro de 2017.

ITAKO, A. T. **Avaliação de produtos químicos no controle e na indução de mecanismos bioquímicos de resistência à mancha bacteriana (Xanthomonas perforans) do tomateiro**. 2011. 104p. Tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2011.

JEON, H. Y. et al. **Evaluation of ultrasonic sensor for variable-rate spray applications**. Computers and Electronics in Agriculture, Amsterdam, v. 75, n. 1, p. 213- 221, 2011.

KÖPPEN, W. **Climatologia - con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 478 p. 1948.

LIMA, P.R.F.; MACHADO NETO, J.G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós emergência na cultura da soja (Glycine max). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n.1, p. 85-95, 2001.

LLORENS, J. et al. **Variable rate dosing in precision viticulture: use of electronic devices to improve application efficiency**. Crop Protection, Oxford, v. 29, n. 3, p. 239- 248, 2010.

MAKISHIMA, N.; MIRANDA, J.E.C. (Ed.) **Cultivo do Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)** –. Brasília: CNPH, (Instruções Técnicas do CNPH N.º 11). 22 p. 1992.

MANHANI, G. **Automatização de pulverizador pneumático visando a eficiência da aplicação e redução de impactos ambientais**. 2011. 120 p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Viçosa. 2011.

MANKTELOW, D.W.L.; PRAAT, J.P. The tree-row-volume spraying system and its potential use in New Zealand., Proc. 50th **N.Z. Plant Prot. Conf**: 119-124. 1997.

MARIM, B.G.; SILVA, D.J.H.; GUIMARÃES, M.A.; BELFORT, G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.951-955, out-dez 2005.

MARTI, S. P.; POLO, J.R.R.; MOYA, E. G.; MONTEROLA, L.V.; **ESCOLA. Optimizing pesticide spray application in tree crops**. St. Joseph, MI: ASABE, 2006. (Paper, 1128).

MAROCHI, A. I. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SEMEADURA DIRETA EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993, Castro-PR. **Anais. Castro-PR: Fundação ABC**, p. 208-227.1993.

MATOS, E. S. **Desempenho de híbridos de tomate de mesa em função de sistemas de condução e da densidade populacional**. 2010. 106 p. Tese (Doutorado Em Fitotecnia)- Escola Superior De Agricultura Luiz De Queiroz, Piracicaba, São Paulo. 2010.

MATUO, T.; PIO, L. C; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. In: ABEAS - Curso de proteção de plantas. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 85 p. 2001.

MATTHEWS, G. A. A review of the use of air in atomization of sprays, dispersion of droplets down wind and collection on crop foliage. **Aspects of Applied Biology, Wellesbourne**, v. 57, p. 21-27, 2000.

MATTEWS, G.A. Controlled application (CDA) of pesticides in pest management. In: SYMPOSIUM ON CONTROLLED DROP APLICATION. **Proceedings...** p. 213-217, 1979.

MELO, PAULO CÉSAR T. de; VILELA, NIRLENE JUNQUEIRA. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, vol. 23, nº 1, p. 154-157, 2005.

MEWES, W. L. C.; TEIXEIRA M. M ; FERNANDES, H. C.; ZANÚNCIO. J. C.; TIBÚRCIO R. A. S.; Parâmetros característicos da pulverização pneumática em copas de árvores de eucalipto; **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.635-640, 2015.

MIRANDA, G. R. B. **Distribuição de inseticidas em frutos do cafeeiro (coffea arabica l.) e eficiência no controle da broca-do-cafeeiro (hypothenemus hampei**

f.). 2009. 133p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de ciências agrônômicas, Botucatu, 2009.

MORGAN, N.G., **Gallons per acre of sprayed area: an alternative standard term for spraying plantations.** World Crops, June: 64-65. 1964.

OLIVEIRA, D.M. de; PONTES FILHO, F.S.T.; PONTES, F.M. Margens de comercialização e canal de comercialização do tomate na cidade de Mossoró-RN. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v.5, n.4, p.05-08. 2010

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

PAIXÃO, G. **Caracterização de pulverizadores para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do café.** 2016. 55p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.

PICANÇO, M. C. et al. Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol. 26, n° 2, p. 245-252, 2004

PICANÇO, M.C.; LEITE G.L.D.; GUEDES, R.N.C.; SILVA, E.E.A. Effect of spacing and chemical control on losses and pest attacks on tomato plant with vertical tutoring in Brazil. **Crop Protection**, v.17, p.447-452, 1998.

QUEIROZ, C. A. S.; ANTUNIASSI, U. R. Avaliação de um sensor de detecção de plantas daninhas por análise de imagens. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 1-11, 2006.

REBELO, J.A. Sistema alternativo de tutoramento para tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.2, p.161, 1993.

ROMÁN, R. **Estudo das características de tamanho de gotas de bicos de pulverização de energia centrífuga e hidráulica na cultura do algodoeiro.** 2010. 121p. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. 2010.

RUAS, J. M. F.; BALAN, R.; ABI SAAB, O. J. G. Comparação da cobertura de pulverizadores costais de acionamento manual e motorizado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1417-1422, 2011.

RÜEGG, J. VIRET, O., RAISIGL, U. **Adaptation of spray dosage in stone-fruit orchards on the basis of the tree row volume.** Bulletin OEPP/EPPO 29, p. 103-110. 1999.

SASAKI, R. **Sistema eletrônico para captura de gotas visando aumentar a eficiência na pulverização eletrostática.** 2011. 85p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Viçosa. 2011.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAUJO, D.; BAUER, F. C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v.63, n. 1, p. 129- 139, 2004

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates santa cruz e italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, P.292-298, 2010.

SIEGFRIED W., HOLLIGER E. **Application technology in fruit-growing and viticulture**. Report, Swiss Federal Research Station, Wädenswill, Switzerland. 1996.

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

SOARES, J; LEÃO, M. **Optimização da pulverização em médio e baixo volume na produção integrada de pêra rocha**. 2008. Disponível em http://www.bayercropscience.pt/download/pi_pera_rocha.pdf. Acesso em: 20 de dezembro de 2016.

SOUZA, G.V.R. **Ponta de pulverização e pressão de trabalho na aplicação de tebuconazole para o controle da ferrugem da soja**. 2006. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SUSTENTÁVEIS, 1993, Castro-PR. **Anais...Castro-PR: Fundação ABC**, p. 208-227. 1993.

TAKENAGA, T. A trend of pesticides applicator in study. **Agricultural Mechanization in Asia**, v. 4, n. 1, p.120-127, 1973.

VIRGINIA AND WEST VIRGINIA COOPERATIVE EXTENSION SERVICES 1989- 1990. **Spray Bulletin for Commercial Tree Fruit Growers**. Morgantown: West Virginia University, 1989.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G.M. Controle integrado das doenças do tomateiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE TOMATE, 1, 1989, Viçosa. **Anais... Viçosa: UFV**, p. 55-76. 1989.

ZHAO, S.; CASTLE, G. S. P.; ADAMIAK, K. Factors affecting deposition in electrostatic pesticide spraying. **Journal of Electrostatics**, Boston, v. 66, p. 594–601, 2008.

XU, L. et al. **Evaporation rate and development of wetted area of water droplets with and without surfactant at different locations on waxy leaf surfaces**. Biosystems Engeneering, Columbus, v. 106, n. 1, p. 58-67, 2010.

ZHU, H. et al. Influence of spray additives on droplet evaporation and residual patterns on wax and wax-free surfaces. **ASABE Paper** No. 083752, St. Joseph, June 2008.