

WALTER LUIZ CASTRO MEWES

**SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA PARA CONTROLE DE
INSETOS-PRAGAS EM ÁREAS REFLORESTADAS COM
EUCALIPTO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

WALTER LUIZ CASTRO MEWES

**SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA PARA CONTROLE DE
INSETOS-PRAGAS EM ÁREAS REFLORESTADAS COM
EUCALIPTO**

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

APROVADA: ____ de _____ de 2009.

(Coorientador)

Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

BIOGRAFIA

WALTER LUIZ CASTRO MEWES,

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE GOTAS POR UM PULVERI- ZADOR PNEUMÁTICO NA APLICAÇÃO DE FITOSSANITÁRIOS EM ÁRVORES ADULTAS COM USO DE ETIQUETAS HIDROSSENSÍ- VEIS	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1. Estrutura desenvolvida para fixação das etiquetas hidrossensí- veis	13
2.2. Avaliação da distribuição da calda	15
2.3. Avaliação da deposição de calda	17
2.4. Delineamento experimental	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1. Densidade de gotas	20

	Página
3.2. Porcentagem da cobertura	23
3.3. Diâmetro da mediana volumétrica (DMV)	25
3.4. SPAN	28
3.5. Coeficiente de homogeneidade (CH)	32
3.6. Volume de calda depositada	35
4. CONCLUSÕES	39
5. BIBLIOGRAFIA	40
CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PULVERIZADOR PNEUMÁTICO PARA A APLICAÇÃO DE FITOSSANITÁRIOS EM PLANTAS DE EUCALIPTO	43
1. INTRODUÇÃO	44
2. MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1. Caracterização do ensaio	48
2.2. Velocidade do jato de ar ao longo da distância	55
2.3. Espectro de gotas em função da vazão de ar e vazão de calda ao longo da distância	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1. Pressão estática, dinâmica, vazão e velocidade do ar	57
3.2. Potência demandada	63
3.3. Velocidade do ar ao longo do jorro pulverizado	63
3.4. Espectro de gotas ao longo do jorro de ar em função da distância, velocidade do ar e vazão de calda	68
4. CONCLUSÕES	80
5. BIBLIOGRAFIA	81
ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA DA DEPOSIÇÃO DE LÍQUIDO EM PLANTAS DE EUCALIPTO USANDO PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA	83

	Página
1. INTRODUÇÃO	84
2. MATERIAL E MÉTODOS	87
2.1. Avaliação da uniformidade de distribuição de calda	87
2.2. Calibração do espectrofotômetro	89
2.3. Determinação da deposição de calda na folha	90
2.4. Determinação da área foliar	90
2.5. Determinação da deposição de calda por área foliar	90
2.6. Delineamento experimental	90
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
3.1. Caracterização da área experimental	92
3.2. Deposição de calda no dossel da planta	93
3.2.1. Avaliação da deposição da calda na planta à vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ ($56,6 \text{ rad s}^{-1}$ -540 rpm da TDP): experimento 1	94
3.2.2. Avaliação da deposição de calda à vazão de ar alta $13.250 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ (68 rad s^{-1} -650 rpm da TDP): experimento 2 .	97
4. CONCLUSÕES	100
5. BIBLIOGRAFIA	101
PARÂMETROS DA PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA EM EUCA- LIPTO	103
1. INTRODUÇÃO	104
2. MATERIAL E MÉTODOS	108
2.1. Delineamento experimental	110
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
3.1. Estudo da população de gotas aplicadas na lavoura de eucalipto	112

	Página
3.1.1. Densidade de gotas	112
3.2. Porcentagem de cobertura	116
3.3. Determinação do DMV	121
3.4. Determinação do coeficiente de homogeneidade (CH)	125
3.5. Determinação dos valores de SPAN	129
4. CONCLUSÕES	133
5. BIBLIOGRAFIA	134
REFERÊNCIAS	136

RESUMO

MEWES, Walter Luiz Castro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Sistema de pulverização pneumática para controle de insetos-pragas em áreas reflorestadas com eucalipto (*Eucalyptus grandis*).** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Coorientadores: Haroldo Carlos Fernandes, Paulo Roberto Cecon e José Cola Zanuncio.

O mercado de madeira é crescente em todo o mundo e para atender parte desse mercado o eucalipto é plantado em larga escala no Brasil, ocupando atualmente mais de 4.258.000 ha de lavoura e arrecadando mais de R\$ 8,82 bilhões em 2008, caracterizando como uma importante fonte de divisas ao país. Sua proximidade taxonômica com diversas espécies brasileiras favoreceu a adaptação de muitas pragas a essa lavoura. Dentro dessas pragas temos as lagartas desfolhadoras classificadas como *Thyrintina arnobia*, *Sarsina violascens* e *Psorocampa denticulata* com severos danos à produção de eucalipto. O controle dessas lagartas é realizado com a aplicação de *Bacillus thuringiensis*. Porém esse ataque das lagartas ocorre no dossel das árvores e em muitos casos estão acima de 20 metros de altura. Este trabalho teve como objetivo geral estimar os parâmetros operacionais de um pulverizador pneumático aplicando produto em plantas adultas de eucalipto com alturas superiores a 20 metros e, como objetivos específicos: Avaliar parâmetros operacionais da pulverização pneumática em eucalipto adulto com uso de etiquetas hidrossensíveis, onde foram avaliados os parâmetros de

porcentagem de cobertura, densidade de gotas DMV, coeficiente de homogeneidade e SPAN com auxílio de etiquetas hidrossensíveis colocadas em folhas de eucaliptos adultos. Avaliar a distribuição de gotas de um pulverizador pneumático para a aplicação em eucalipto adulto com uso de etiquetas hidrossensíveis, onde avaliou-se a deposição de líquido em várias alturas diferentes. Quantificar a deposição de líquido de um pulverizador pneumático em folhas de eucalipto adulto pelo método da espectrofotometria, onde foi avaliado o volume de calda depositado nas folhas de eucalipto através do uso de corantes e espectrofotometria. Caracterizar o pulverizador pneumático para a aplicação de fitossanitários em plantas de eucalipto onde foram determinados valores de pressões manométricas estáticas e dinâmicas, vazão e velocidade do ar, potência consumida e o alcance do jato de ar e das gotas em pulverização pelo pulverizador pneumático. O trabalho foi realizado utilizando um pulverizador pneumático da Jacto, acionado por um trator de 65,8 kW (85 cv) de potência nominal no motor. Os ensaios dos parâmetros de porcentagem de cobertura, densidade de gotas, DMV, coeficiente de homogeneidade e SPAN em relação à altura de aplicação foram realizados em um pontilhão na BR 120 próximo a Viçosa, MG. O estudo da deposição de calda e parâmetros de gotas em eucaliptos foram realizados em campos de produção da CENIBRA no município de Belo Oriente, MG. Os parâmetros de funcionamento do pulverizador, vazão e velocidade de ar, alcance do jato de ar e de gotas e potência demandada foram determinados no laboratório de Mecanização Agrícola do departamento de Engenharia Agrícola da Universidade federal de Viçosa. Concluiu-se que: para os índices volumétricos estudados, os melhores resultados ocorreram na aplicação de 20,2 L 1000 m⁻³ de dossel. Para o estudo da deposição de calda avaliada pelo método do espectrofotômetro, a maior deposição ocorreu na parte inferior do dossel. E a menor vazão de ar utilizada foi eficiente, não havendo necessidade de aumento da vazão de ar. Na avaliação dos parâmetros de gotas, o pulverizador atendeu as expectativas tanto em densidade de gotas quanto em porcentagem de cobertura para a aplicação de inseticidas em florestas de eucalipto de até 26 metros. Nas caracterizações técnicas a velocidade máxima foi de 52 m s⁻¹, o aumento da vazão de ar de 11.300 m³ h⁻¹ para 13.250 m³ h⁻¹ proporcionou um aumento de 28% na velocidade e 38% na potência demandada para

acionamento. Em condições de laboratório o pulverizador foi capaz de aplicar produtos até 30 metros de distância dentro dos parâmetros de gotas indicadas para inseticidas.

ABSTRACT

MEWES, Walter Luiz Castro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Título traduzido**. Adviser: Mauri Martins Teixeira. Co-advisers: Haroldo Carlos Fernandes, Paulo Roberto Cecon and José Cola Zanuncio.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Por milhões de anos a espécie humana sobreviveu usufruindo daquilo que o ecossistema, do qual fazia parte, o oferecia. Assim, o homem foi tomando todas as regiões que dispunha para manter-se, até que houve um crescimento populacional que levou ao aparecimento das primeiras técnicas de agricultura, não se sabe se por esgotamento desses referidos ecossistemas pela pressão populacional ou se, na verdade, o aparecimento dessa técnica agrícola é que deu origem à expansão demográfica (POINTING, 1991).

Acredita-se hoje que o somatório desses dois fatores é que levou ao aparecimento da agricultura, o que não foi um mero acaso para a história da humanidade e, sim, o início de um grande desenvolvimento, modificando, por completo, o ecossistema do planeta. Com a sistematização da agricultura apareceram e desenvolveram também as pragas e doenças das plantações que, há anos, vem sendo combatidas por diferentes e constantes métodos. Sendo assim, métodos como o uso do fogo, o corte de partes afetadas das plantas e a criação de fitossanitários para o combate de pragas e doenças vem sendo utilizados e sistematizados através dos anos.

A criação de máquinas capazes de facilitar a aplicação desses fitossanitários que iam sendo criados e preconizados veio a completar as constantes tentativas de combate às pragas e doenças comuns nas plantações. Assim, com os chamados pulverizadores o controle desses problemas sanitários ficou de forma mais ágil e econômica. A partir de sua

criação, os pulverizadores foram evoluindo no seu mecanismo com intuito de aumentar sua eficiência e capacidade, sendo de marcante melhoria quando da utilização do ar como elemento de transporte, como descreve Magdalena et al. (2000).

Sendo assim, grande parte dos pulverizadores utilizados em todo mundo para plantas arbóreas são constituídos de pulverizadores hidropneumáticos, onde as gotas são produzidas usando a pressão do líquido, ou pulverizadores pneumáticos, onde o choque do líquido com uma corrente de ar de alta pressão é que forma a gota (MAGDALENA et al., 2000). Entretanto, alguns pontos ineficientes desses pulverizadores foram descritos, dentre eles: a rápida queda da velocidade do ar da saída do ventilador com a distância percorrida; a capacidade de transporte da gota estar relacionado à exposição da gota ao fluxo de ar; tipo de ventilador e velocidade de avanço também interferem na capacidade do pulverizador e sua eficiência (HALE, 1978).

Hale (1978), comparando quatro modelos em escala 1/12 com igual energia de ar e diferentes velocidades de vazão de saída de ar, observou que aqueles que tinham menor velocidade de deslocamento e maior vazão de ar na saída do ventilador tiveram sua eficiência superior àqueles de maior velocidade e menor vazão quando no centro das árvores. O decréscimo das velocidades de ar de um pulverizador, segundo Reichard et al. (1979), é menor em pulverizadores cuja vazão de ar é maior.

Diferentemente das culturas baixas, as gotas das aplicações de fitossanitários em árvores estão mais sujeitos aos efeitos climáticos, sendo esses efeitos maiores na parte superior do dossel das árvores, havendo mais perdas quando as gotas possuem diâmetro menor e quando há a diminuição da umidade relativa do ar no momento da aplicação (CUNNINGHAM et al., 1962).

Byers et al. (1971) descreveram o método denominado “Tree Row Volume” (TRV) para determinação do volume de calda a ser aplicado em plantas arbóreas. Nesse método a determinação do volume de calda para pulverização é baseado no volume de vegetação existente na área, ou seja, de acordo com o volume do dossel das plantas, usa-se uma quantidade de calda predeterminada.

Para atender o mercado de madeira, o eucalipto foi introduzido no Brasil na década de 40 adaptando-se as diferentes regiões do país. Com a produção anual aumentando a cada ano, a área plantada hoje é próxima a 4.258.000 ha, movimentando 5 bilhões de reais por ano, valores que se aproximam de grandes culturas como milho e soja.

Sua proximidade taxonômica com diversas espécies brasileiras favoreceu a adaptação de muitos insetos, logo após o início dos plantios. Os extensos plantios homogêneos e contínuos, distribuídos por todo o Brasil de certa forma estabeleceram uma baixa diversidade no ecossistema que possivelmente interferiu no equilíbrio ecológico destes insetos possibilitando, em alguns casos, seu aumento populacional, tornando-os pragas.

Associa-se às plantações de eucalipto mais de vinte e quatro famílias de lepdópteros, com mais de 110 espécies de lagartas que se alimentam das folhas do eucalipto. Dentro dessa relação de insetos-pragas encontrados nos campos de eucalipto tem-se: lagartas desfolhadoras classificadas como *Thyrnteina arnobia* cuja ocorrência e inimigos naturais foram relatados por Berti Filho (1974), *Sarsina violascens* relatados por Zanuncio e Lima (1975) e *Psorocampa denticulata Schaus* relatados por Santos et al. (1993), com danos severos em povoamentos de eucalipto. As chamadas lagartas pardas do eucalipto (*Thyrnteina arnobia*), pelo seu posicionamento nos dosséis das árvores, torna-se de difícil combate. Quando em grandes populações, essa lagarta pode causar a morte da árvore, chegando a uma mortalidade de até 20% das mesmas e uma redução de até 60% do volume de madeira.

Para algumas infestações por insetos-pragas, o controle pode ser realizado através do controle biológico, físico ou químico, porém quando as infestações ocorrem nas copas das árvores que ultrapassam 15 metros de altura e localizam em pontos específicos da lavoura, o controle torna-se difícil e caro.

Para estes casos os métodos atuais de controle são ineficientes ou muito caros, aplicando geralmente alto volume de defensivo com baixa eficiência de cobertura da folha, com aeronaves ou equipamentos terrestres. Em ambos os casos existem problemas técnicos nas pulverizações. O controle das lagartas pardas do eucalipto tem sido feito com a aplicação de *Bacillus thuringiensis*, muitas vezes, com aplicação aérea.

Entretanto, a aplicação aérea tem um alto custo e as empresas de reflorestamento evitam esse método, principalmente em áreas pequenas onde a infestação está apenas iniciando. Além disso, a localização das áreas de plantio de eucaliptos, muitas vezes situadas longe de centros urbanos e em regiões montanhosas, dificulta as operações de pouso, reabastecimento e de vôos próximos às copas das árvores.

Outro problema para o combate desse tipo de praga é sua infestação em pontos distintos na área, reboleira, não tendo uma infestação uniforme na lavoura, exigindo uma aplicação pontual do agrotóxico. A identificação desses pontos infestados numa pulverização com aeronaves de asa fixa e a aplicação do produto somente onde se encontram as pragas torna-se inviável. A aplicação com helicóptero é mais eficiente, porém esse equipamento tem um custo operacional mais caro que os aviões, tornando assim economicamente inviável esse método de aplicação.

Já para a aplicação terrestre, seja por pulverizadores hidráulicos ou por pneumáticos, o maior obstáculo é a falta de equipamento capaz de aplicar de forma eficiente o produto nas copas dos eucaliptos adultos, uma vez que as árvores podem chegar a até 20 metros de altura. Para se utilizar um pulverizador hidráulico e aplicar a partir do chão há necessidade de uma alta pressão sobre o líquido para atingir o alvo. Porém, nessas condições não se consegue um controle eficiente do tamanho e números de gotas depositadas nas folhas, além da possibilidade de ocorrência de grandes perdas.

Este trabalho de pesquisa teve por objetivo avaliar um pulverizador pneumático para aplicação terrestre de produtos fitossanitários em eucaliptos adultos, com altura superior a 20 metros e foi subdividido em quatro capítulos, sendo eles:

- Avaliação de parâmetros operacionais da pulverização pneumática em eucalipto adulto com uso de etiquetas hidrossensíveis: foram avaliados os parâmetros de porcentagem de cobertura, densidade de gotas DMV, coeficiente de homogeneidade e SPAN com auxílio de etiquetas hidrossensíveis colocadas em folhas de eucaliptos adultos.
- Avaliação da distribuição de gotas de um pulverizador pneumático para a aplicação em eucalipto adulto com uso de etiquetas hidrossensíveis: avaliou-se a deposição de líquido em várias alturas diferentes.

- Quantificação da deposição de líquido de um pulverizador pneumático em folhas de eucalipto adulto pelo método da espectrofotometria: foi avaliado o volume de calda depositado nas folhas de eucalipto através do uso de corantes e espectrofotometria.
- Caracterização técnica do pulverizador pneumático para a aplicação de fitossanitários em plantas de eucalipto: foram determinados valores de pressões manométricas estáticas e dinâmicas, vazão e velocidade do ar, potência consumida e o alcance do jato de ar e das gotas em pulverização pelo pulverizador pneumático.

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE GOTAS POR UM PULVERIZADOR PNEUMÁTICO NA APLICAÇÃO DE FITOSSANITÁRIOS EM ÁRVORES ADULTAS COM USO DE ETIQUETAS HIDROSSENSÍVEIS

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, MG, visando avaliar a distribuição de gotas e a cobertura foliar em várias alturas simulando assim, o comportamento do pulverizador pneumático ao tratar plantas arbóreas. A alta eficiência da pulverização com a correta deposição de gotas sobre o alvo são de suma importância para a maior rentabilidade na produção de madeira, diminuindo os riscos ambientais e à saúde do aplicador, aumentando a eficácia no combate à pragas e doenças. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros operacionais de um pulverizador pneumático adaptado para aplicação em florestas adultas de eucalipto através do estudo da densidade de gotas, da porcentagem de cobertura, diâmetro da mediana volumétrica (DMV), coeficiente de homogeneidade, SPAN e do volume de calda acumulada em etiquetas. Nas condições em que os experimentos foram conduzidos, o pulverizador utilizado mostrou-se eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto. Observou-se que, independente das diferentes vazões de ar utilizadas, todas as condições avaliadas apresentaram densidade de gotas e DMV satisfatórios para pulverização em elevadas altura. Quanto aos

parâmetros porcentagem de cobertura e volume de calda depositada, os melhores resultados ocorreram para os volumes 27 e 20,2 litros de calda 1.000 m⁻³ de dossel. Para os parâmetros analisados, o índice volumétrico de 20,2 L 1.000 m⁻³ de dossel é o indicado para a aplicação nas alturas estudadas (3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21m).

1. INTRODUÇÃO

É de fundamental importância considerar o momento da pulverização por ser um dos tratamentos culturais responsáveis pelo aumento no rendimento da madeira. Fatores como adequação do momento de aplicação e do próprio produto a ser utilizado, garantindo alta eficiência de pulverização e a correta deposição de gotas sobre o alvo, são de suma importância para obter-se rentabilidade na produção, diminuir os riscos ambientais e à saúde do aplicador e, conseqüentemente, aumentar a eficácia no combate à pragas e doenças (MAGDALENA, 2004).

Em outras épocas, o controle de pragas era precário, realizado através de aplicações da calda diretamente nas folhas com panos ou escovas ou utilizando-se de regadores. Com o desenvolvimento de máquinas específicas para essa finalidade, não só conseguiu-se aumento na produtividade, como também a diminuição do êxodo rural (CHAIM, 1999). Assim, o primeiro pulverizador pneumático descrito parece ter sido criado na França para aplicação de fitoterápicos em videiras em 1885, segundo Tsay et al. (2002).

Os pulverizadores são classificados em função da energia usada para fazer a fragmentação do líquido em gotas, sendo classificados como pulverizadores hidráulicos, pulverizadores hidropneumáticos, pneumáticos, centrífugos e térmicos.

Com o pulverizador pneumático, há a fragmentação do líquido em gotas e seu transporte até o alvo por uma elevada corrente de ar,

necessitando, pois, os pulverizadores de alta potência para seu acionamento (MAGDALENA, 2004).

Segundo Fox et al. (2008), à medida que as gotas afastam-se do pulverizador há a uma diminuição da velocidade do fluxo de ar e este vai tornando-se desuniforme e espalhando-se durante sua trajetória. As gotas pequenas tendem a seguir a corrente aerodinâmica do fluxo de ar depositando-se no alvo pelo movimento turbulento do mesmo, enquanto as gotas grandes depositam-se, principalmente, pelo impacto. Sendo assim, as gotas pequenas resultantes da pulverização pneumática podem ser afetadas pela própria corrente de ar responsável pelo transporte da mesma até o alvo e pelas condições climáticas, sofrendo deriva e evaporação. Por outro lado, a penetração de gotas maiores no interior da copa das árvores, pode ser reduzida devido ao impedimento causado pelas folhas e pelo atrito do ar.

Para uma boa distribuição da calda por toda a planta, vários fatores estão envolvidos, sendo eles: tamanho da árvore, volume de copa, deriva, tamanho das gotas, volume de calda, velocidade de deslocamento do pulverizador e vento (RAETANO et al., 2001; SCUDELER et al., 2004; ORTIZ-CAÑAVATE; HERNANZ, 1989). Sendo assim, o processo de pulverização pneumática em florestas adultas, depositando-se as gotas em toda a copa das árvores, pode ser afetado pela arquitetura da planta e pela densidade foliar. Até então não se tem conhecimento de um pulverizador terrestre capaz de lançar as gotas no alto da copa de plantas acima de 20 metros de altura, com boa deposição e boa uniformidade.

Segundo Bayat et al. (1994), os maiores depósitos de gotas em citros, quando comparando diferentes volumes de aplicação em pulverizadores pneumáticos, foram observados na parte externa do dossel no terço inferior da planta.

Devido à alta densidade foliar em árvores, grande parte das gotas não atinge o interior do dossel das plantas, o que prejudica a uniformidade de distribuição de líquido no dossel das mesmas. Esse fato ocasiona uma baixa eficácia de controle da praga e, conseqüentemente, um aumento indevido por parte dos produtores do volume da calda, o que acarreta em um aumento no custo de produção e da contaminação ambiental (PAI et al., 2008).

Faz-se necessário alcançar uma distribuição uniforme no dossel das plantas arbóreas, para que se possa diminuir a agressão ao meio ambiente e aumentar a eficácia nas aplicações, tornando-se essas pontuais quanto ao local necessário e somente quando se fizer necessário (FAROOQ; LANDERS, 2004). Entretanto, Marti et al. (2006), avaliando a otimização da tecnologia de aplicação de defensivos em plantas arbóreas, concluíram que essa distribuição uniforme é difícil de ser alcançada, embora de suma importância, sendo um objetivo importante aumentar a penetração de gotas no desenvolvimento dos pulverizadores pneumáticos e economia de inseticidas.

Cerca de 60 a 70% do volume dos defensivos agrícolas usados não atinge o alvo, indo depositar-se em locais indesejáveis, como o solo, por exemplo, ou sofre o processo de evaporação ou deriva. Esse fato contribui, de maneira bastante significativa, para a contaminação ambiental, a contaminação do aplicador, a redução da eficiência da pulverização e a conseqüentemente redução da eficácia de controle da praga (LAW, 2001).

Durante os últimos 20 anos, tem-se notado uma constante preocupação com os equipamentos de pulverização, principalmente com os bicos de pulverização. Desse período para cá, vários fabricantes de bicos de pulverização lançaram no mercado vários modelos, com o intuito de fornecer aos usuários de seus produtos, uma qualidade de pulverização satisfatória (KNEWITZ et al., 2002). Portanto, quando se fala em pulverização pneumática, o cenário muda um pouco. Atualmente encontramos alguns pulverizadores pneumáticos em uso, mas com pouca informação básica sobre o espectro de gotas que esse equipamento é capaz produzir, em determinadas condições climáticas.

Quando não se consegue uma boa uniformidade de distribuição e deposição de líquidos no interior do dossel das plantas, principalmente com o uso de inseticidas biológicos ou de contato, as pragas podem selecionar áreas que não receberam uma quantidade satisfatória de líquido e se estabelecerem nessas áreas. Nesse caso, além de baixa eficácia de controle, ainda existe o risco de ocorrer resistência da praga ao inseticida em questão (KONNO et al., 2001).

De acordo com o alvo que se deseja atingir, na tentativa de uma boa distribuição de líquidos e boa deposição de gotas, como o caso de plantas de

porte alto, por exemplo, é usado um alto volume de calda, em aplicações que em muitos casos geram escorrimento em partes do dossel, devido a dificuldades de distribuição de líquidos em toda a copa da planta (FERREIRA, 2003).

Segundo Marti et al. (2006), dificilmente se conseguem deposições uniformes no interior do dossel das plantas arbóreas, e a melhoria da deposição com pulverizadores com assistência de ar é sempre um objetivo em estudos dessa natureza. Neste caso o volume de calda deve ser diretamente relacionado às características da planta, como volume e densidade foliar, e não em função de um volume estimado de calda, como é feito hoje em vários países.

Para caracterização da deposição de gotas, atualmente usam-se alguns parâmetros como, por exemplo, diâmetro da mediana volumétrica, densidade de gotas, porcentagem de cobertura e volume de calda acumulado nas etiquetas. Outros parâmetros, como, por exemplo, coeficiente de homogeneidade e Span, também podem ser usados em condições de laboratório, com o uso de analisadores de partículas a laser (WOMAC et al., 1998; NUYTENS et al., 2007), ou analisador de partículas de dispersão por luz (VLADISAVLJEVIC; SCHUBERT, 2003). Um outro método usado para determinar com precisão o tamanho de gotas para determinação de coeficiente de homogeneidade e Span seria o método usado por Prokop (2002), que consiste no uso de captação por silicone. Neste método, usa-se placa de Petri, com dois tipos de silicone (alta e baixa viscosidade).

Em nível de campo, os resultados desses parâmetros não são confiáveis, pelo fato da inexistência de um software para análise de imagem das etiquetas que forneça o tamanho preciso de gotas abaixo de determinado tamanho, como, por exemplo, gotas abaixo de 100 μm .

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros operacionais de um pulverizador pneumático adaptado para aplicação em florestas adultas de eucalipto através do estudo da densidade de gotas, da porcentagem de cobertura, diâmetro da mediana volumétrica (DMV), coeficiente de homogeneidade, SPAN e do volume de calda acumulada em etiquetas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola no município de Viçosa, MG, latitude 20°43'S, longitude 42°51'O e altitude de 640 m, visando avaliar a distribuição de gotas e a cobertura foliar em várias alturas simulando, assim, o comportamento do pulverizador ao tratar plantas arbóreas. Utilizou-se de um pulverizador tratorizado pneumático, marca Jacto, modelo Jatão 600, acionado por um trator Valtra 800.

Inicialmente foi escolhido um viaduto na BR 120 (Viçosa/Ponte Nova), como local para o desenvolvimento do ensaio, tendo este viaduto uma altura de 14 metros que permitia a passagem do pulverizador sob o mesmo, conforme Figura 1. Para complementar a altura necessária de 21 metros, foi construída uma estrutura metálica de tubos galvanizados de forma telescópica para ser adaptada no parapeito do viaduto, permitindo assim a colocação de etiquetas hidrossensíveis nas alturas desejadas.



Figura 1 – Conjunto trator-pulverizador.

2.1. Estrutura desenvolvida para fixação das etiquetas hidrossensíveis

Utilizou-se um tubo de 12,70 mm de diâmetro com 6 metros de comprimento. Em sua extremidade soldou-se um outro tubo de mesmo diâmetro e com 3,5 metros de comprimento formando um ângulo de 90°. Neste tubo menor fixaram-se quatro roldanas eqüidistantes entre si.

Foi usado um segundo tubo de 3 metros de comprimento e 19,05 mm de diâmetro com parafusos soldados na sua parede, de forma que o primeiro tubo pudesse ser introduzido nesse segundo e fixado pelos parafusos.

Um terceiro tubo de 1,5 metros de comprimento e 25,5 mm de diâmetro, também com parafusos fixados em sua parede foi fixado por meio de grampos ao parapeito da ponte, permitindo assim elevar a estrutura até 8 metros acima do nível da ponte (Figuras 2 e 3).

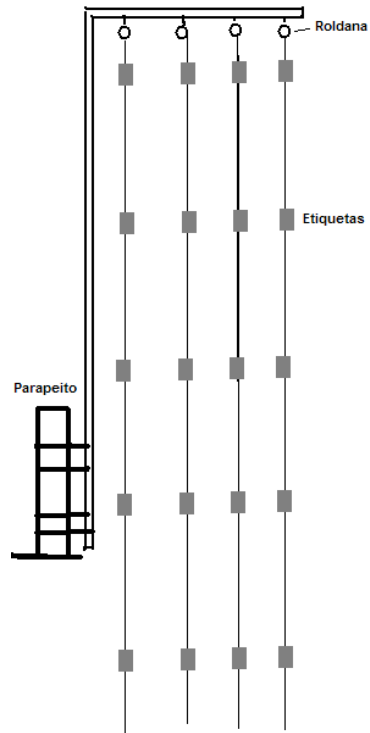


Figura 2 – Estrutura metálica para adaptação ao viaduto.



Figura 3 – Estrutura metálica e etiquetas.

Nas roldanas foram colocadas cordas e nessas foram afixadas as etiquetas hidrossensíveis em sete diferentes alturas (3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 metros) considerando a estrada sob o viaduto como referência.

Para a aplicação da calda foi utilizado o conjunto trator-pulverizador usando-se diferentes volumes de aplicação baseando-se no volume de copa (TRV) previamente estimado e índices de volumes recomendados.

2.2. Avaliação da distribuição da calda

A eficiência da distribuição de calda foi avaliada utilizando-se etiquetas hidrossensíveis, marca Syngenta, de 38x26 mm. As etiquetas foram distribuídas a cada três metros de altura, para cada um dos três cabos. Sendo assim, mediu-se a densidade de gotas e a cobertura da etiqueta. Para a determinação do tamanho das gotas, considerou-se o fator de espalhamento, segundo a equação proposta por Chaim et al. (1999).

$$F = 0,74057 + 0,0001010399 D + 0,2024884 \ln(D) \quad (1)$$

em que F é o fator de espalhamento; e D , diâmetro limite de cada classe de tamanho da mancha (μm).

A avaliação da deposição foi realizada considerando os parâmetros porcentagem de cobertura, densidade de gotas, DMV, coeficiente de homogeneidade e Span analisando etiquetas hidrossensíveis.

Em função da posição de deslocamento do trator em relação as etiquetas e com o objetivo de que o jato atingisse as etiquetas superiores, usou-se uma inclinação de 15° do tubo do pulverizador em relação a vertical. A aplicação da calda foi realizada baseada no método Tree Row Volume (TRV), determinação do volume de calda a ser aplicado em litros por 1.000 m^3 de volume de dossel, denominado índice volumétrico, considerando dados médios de diâmetro e altura de copa dos eucaliptos na área a ser trabalhada a campo.

O método TRV (Tree Row Volume) consiste em medir o volume de vegetação presente em um hectare de terreno e foi referência para determinação de volume de calda (equação 2).

$$TRV = \frac{H.L.10000}{D} \quad (2)$$

em que TRV é o volume dos dosséis das plantas por área ($m^3 ha^{-1}$); H , altura do dossel (m); L , largura do dossel (m); e D , distância entre linhas de plantio (m).

Para a determinação do índice de volume a ser aplicado utilizou-se o volume de copa de $50.000 m^3 ha^{-1}$, obtido a partir dos dados fornecidos pela CENIBRA, empresa de produtora de eucalipto e celulose onde seriam realizados trabalhos futuros.

As velocidades de deslocamento do trator Valtra utilizado foram obtidas utilizando as suas três primeiras marchas. A vazão de calda foi de $33,2 L min^{-1}$. Os índices volumétricos e velocidades de trabalho estão no Quadro 1.

Quadro 1 – Índice de volume de calda por $1.000 m^3$ de dossel

Velocidade do trator ($m s^{-1}$)	Índice volumétrico ($L 1.000 m^{-3}$)
0,67	27,0
0,91	20,2
1,44	12,8

Após a aplicação, as etiquetas amostradoras de papel hidrossensível foram acondicionadas em sacos de papel separados de acordo com sua altura de colocação na estrutura (3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 metros) e levadas ao laboratório. Essas etiquetas foram digitalizadas utilizando-se o scanner HP, modelo Scanjet 3770 a uma resolução de 1200 dpi e analisadas com o auxílio do software IMAGE TOOL, versão 3.0, conforme também realizado por Rodrigues (2005), Ruas (2007) e Magno Júnior (2008).

2.3. Avaliação da deposição de calda

Para determinação da deposição de calda, utilizou-se de etiquetas amostradoras plásticas com 20 mm de largura por 30 mm de comprimento colocadas nas mesmas alturas e posições daquelas etiquetas hidrossensíveis. Estas etiquetas plásticas foram, após a aplicação da calda, recolhidas e acondicionadas em sacos plásticos separadamente de acordo com sua altura de colocação na estrutura e levadas ao laboratório para análise em espectrofotômetro, determinando-se assim, a quantidade de produto que atingiu a etiqueta.

A curva de calibração do espectrofotômetro foi obtida a partir de soluções-padrão em várias concentrações conhecidas (mg L^{-1}) do traçador, utilizando-se parte da amostra da calda aplicada no campo. Com as amostras de solução-padrão foi traçado o gráfico de absorbância no espectrofotômetro, segundo Skoog et al. (2002) e Ewing (1996).

As etiquetas recolhidas foram lavadas em 50 mL de água destilada e, dessa solução, retirou-se uma amostra para a leitura da absorbância. Interpolando entre os dados do gráfico de calibração, determinou-se a concentração do traçador e desse valor, o volume de calda que estava presente na etiqueta.

Durante a coleta de dados, as condições de vento, pressão barométrica, temperatura e umidade foram monitoradas respectivamente através dos aparelhos anemômetro, barômetro, termômetro e higrômetro digitais, previamente calibrados.

2.4. Delineamento experimental

Foram conduzidos dois experimentos em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas três volumes de aplicação e nas subparcelas sete alturas, em um delineamento em blocos casualizados, com três repetições, totalizando 63 unidades experimentais. O diferencial entre os dois experimentos foram as vazões de ar utilizadas, sendo a do primeiro experimento foi de $11.300 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ obtida quando se utilizou $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) na tomada de potência (TDP) e a do segundo $13.250 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ obtida quando

se utilizou 68 rad s^{-1} (650 rpm) na TDP. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de F e Tukey, adotando-se o nível de significância igual a 5% de probabilidade

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer dos dois experimentos, a temperatura ambiente variou entre 25 e 27°C, a velocidade do vento entre 0 e 1,0 m s⁻¹ a 2 metros do solo e a pressão barométrica foi de 976 mbar e a umidade relativa acima de 75%.

Na Tabela 4, encontram-se caracterizados a velocidade do trator em relação à marcha utilizada e o volume de aplicação de calda.

Tabela 4 – Velocidade do trator e volume de aplicação usadas nos ensaios

Velocidade do trator (m s ⁻¹)	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)
0,67	2.754
0,91	2.060
1,44	1.305

3.1. Densidade de gotas

O Quadro 3 apresenta a análise de variância do primeiro experimento para os valores de densidade de gotas (gotas cm^{-2}) de acordo com o índice volumétrico e altura das etiquetas na estrutura.

Quadro 3 – Resumo da análise de variância da variável Densidade de gotas (experimento 1)

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	1874.968
Volume	2	182973.2**
Erro (A)	4	2034.754
Altura	6	60470.83**
Altura*Volume	12	21488.08**
Resíduo	36	1237.622

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 23,8%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Pode-se observar que a interação entre altura e volume de aplicação foi significativa, assim como a variação entre volumes e alturas. Nesses casos apenas a interação altura x volume foi estudada. O Quadro 4 apresenta as médias obtidas para a densidade de gotas em relação ao volume de aplicação de calda e às alturas das etiquetas.

Pode-se observar que, os melhores resultados foram obtidos nas alturas 12, 15 e 18 metros nos três índices volumétricos avaliados, sendo esse resultado esperado, uma vez que este tipo de pulverizador possui um jato direcionado, sendo tais alturas o foco do estudo.

Quadro 4 – Valores médios da densidade de gotas (gotas cm²) para os índices volumétricos IV (L 1.000m⁻³ de copa) pelo teste de Tukey (experimento 1)

IV	Alturas (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	17.00 ^C	37.67 ^C	62.67 ^C	225.00 ^B	245.33 ^{AB}	320.33 ^A	244.00 ^{AB}
20,2	22.67 ^D	191.00 ^C	308.33 ^B	416.33 ^A	289.67 ^B	286.00 ^B	106.00 ^{CD}
12,8	29.00 ^{AB}	10.67 ^B	19.67 ^B	93.33 ^{AB}	116.67 ^A	45.67 ^{AB}	14.33 ^B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quando se comparou os três volumes estudados, pode-se observar que na altura de 21 metros não ocorreram as melhores médias, com exceção do índice volumétrico 1 onde as médias não foram estatisticamente diferentes. As duas possíveis causas dessas diferenças são a dificuldade de direcionar o jato para o ponto mais alto e a ocorrência de maior vento nas maiores alturas, o que proporcionaria a deriva das gotas. Os menores valores foram encontrados nas alturas 3 e 6 metros, sendo esperados, uma vez que o equipamento foi desenvolvido para alcançar grandes alturas.

Segundo Barthelemy et al. (1990), a recomendação de densidade de gotas varia para cada tipo de produto a ser aplicado, no caso de inseticida, função desse pulverizador, o autor recomenda uma densidade de 20 a 30 gotas cm⁻². Para o índice volumétrico de 12,8 L 1.000m⁻³ de dossel na altura de 21 metros encontrou-se valores abaixo desses, não recomendando esse volume para as condições estudadas.

O Quadro 5 apresenta a análise de variância do segundo experimento para os valores de densidade de gotas por cm² de acordo com os volumes de aplicação e altura das etiquetas na estrutura.

Semelhante ao primeiro experimento observaram-se interações entre altura e volume de aplicação da calda, verificando-se, também, diferenças significativas entre as alturas e os volumes de aplicação.

Quadro 5 – Análise de variância do estudo de gotas cm² do experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	1121.714 ^{NS}
Volume	2	17352.90 ^{**}
Erro (A)	4	848.7619
Altura	6	98126.37 ^{**}
Altura*Volume	12	26867.18 ^{**}
Resíduo	36	1147.116

Coeficiente de variação da subparcela (Altura)= 18,8%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

O Quadro 6 apresenta os valores médios obtidos para a densidade de gotas em relação ao volume de aplicação de calda e alturas das etiquetas no experimento 2.

Quadro 6 – Valores médios da densidade de gotas (gotas cm²) para os índices volumétricos IV (L 1.000m⁻³ de copa) utilizando a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ (experimento 2)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	52.00 ^C	63.33 ^C	57.00 ^C	210.00 ^B	307.33 ^A	283.33 ^{AB}	327.00 ^A
20,2	29.67 ^B	57.67 ^B	44.33 ^B	356.67 ^A	329.00 ^A	322.00 ^A	298.33 ^A
12,8	19.00 ^E	99.67 ^{CD}	242.00 ^{AB}	327.00 ^A	181.00 ^{BC}	116.67 ^{CD}	56.00 ^{DE}

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

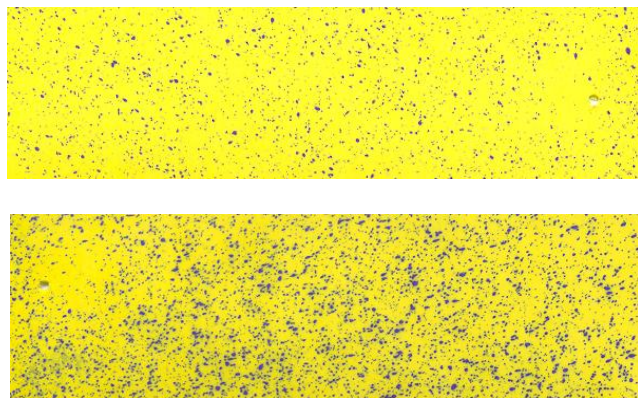


Figura 4 – Etiquetas hidrossensíveis.

Para os índices volumétricos 27 e 20,2 L 1.000m⁻³ de copa as maiores médias ocorreram nas alturas 15, 18 e 21 metros, não havendo diferença significativa na altura 12 metros para o índice volumétrico de 20,2 L 1.000m⁻³. Para o índice volumétrico 12,8 L 1.000m⁻³ de copa as maiores médias ocorreram nas alturas 9 e 12 metros, o que pode ser explicado pela possível dificuldade de direcionamento do jato e vento semelhante ao experimento 1.

Em ambos experimentos, as densidades de gotas obtidas atendem plenamente o recomendado para aplicação da maioria dos fitossanitários.

3.2. Porcentagem da cobertura

Na análise de variância dos dois experimentos (Quadros 7 e 9), ocorreram diferenças significativas nas interações altura x volume de aplicação. Nos Quadros 8 e 10, apresentam-se as médias por altura e índice de volume para a porcentagem de cobertura.

De modo geral os maiores valores de porcentagem de cobertura ocorreram nas alturas 12, 15 e 18 metros, sendo que, em alguns casos, em 21 metros também. Como nas observações anteriores, a maior concentração ocorreu na parte alta, explicando-se tal acontecimento pela característica direcional do jato lançado por esse pulverizador.

A variação do percentual de cobertura da maior altura estudada (21 metros) decorre do ângulo de inclinação do tubo do pulverizador.

Sendo a função desse pulverizador pneumático a aplicação de inseticida na forma de bacilo (*Bacillus thuringiensis*) a ser ingerido pela lagarta, a cobertura na faixa de 10 a 20% Figura 4, conforme obtida nos índices volumétricos 27 e 20,2 L 1.000m⁻³ de copa do experimento 1, poderá ser considerada eficiente, o mesmo ocorrendo nos índices 27 e 20,2 L 1.000m⁻³ de copa no experimento 2.

Quadro 7 – Análise de variância da porcentagem de cobertura para experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	0.8477778 ^{NS}
Volume	2	766.2344**
Erro (A)	4	3.752302
Altura	6	229.3166**
Altura*Volume	12	56.91815**
Resíduo	36	10.19135

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 34,0%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 8 – Valores médios da porcentagem de cobertura para os índices volumétricos IV (L 1.000 m⁻³ de copa) pelo teste de Tukey (experimento 1)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	1.80 ^C	3.87 ^C	12.27 ^B	22.03 ^A	20.67 ^A	16.07 ^{AB}	14.93 ^{AB}
20,2	2.53 ^B	12.57 ^A	18.50 ^A	19.90 ^A	17.77 ^A	12.90 ^A	4.23 ^B
12,8	0.67 ^A	0.50 ^A	0.87 ^A	3.90 ^A	7.03 ^A	3.37 ^A	0.50 ^A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 9 – Análise de variância para porcentagem de cobertura do experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	7.097930 ^{NS}
Volume	2	235.9203 ^{**}
Erro (A)	4	11.03355
Altura	6	281.0351 ^{**}
Altura*Volume	12	90.54790 ^{**}
Resíduo	36	7.437084

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 28,3%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 10 – Valores médios da porcentagem de cobertura para os índices volumétricos IV (L 1.000 m⁻³ de copa) para o experimento 2

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	5.73 ^B	6.07 ^B	5.20 ^B	15.50 ^A	17.23 ^A	22.13 ^A	20.38 ^A
20,2	0.43 ^B	0.80 ^B	1.67 ^B	15.70 ^A	16.17 ^A	15.70 ^A	13.80 ^A
12,8	1.00 ^B	3.17 ^B	11.40 ^A	16.93 ^A	10.40 ^A	1.70 ^B	1.03 ^B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3.3. Diâmetro da mediana volumétrica (DMV)

O Quadro 11 apresenta a análise de variância do primeiro experimento para os valores de DMV de acordo com os volumes de aplicação e altura das etiquetas na estrutura.

Quadro 11 – Análise de variância para DMV do experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	1209.905*
Volume	2	35470.42**
Erro (A)	4	260.4377
Altura	6	1034.305
Altura*Volume	12	3448.147 ^{NS}
Resíduo	36	548.4315**

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 10,16%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Pelo quadro de análise de variância houve diferenças significativas para o volume de aplicação e para interação volume x altura.

O Quadro 12 apresenta os valores obtidos pelo teste de Tukey para o DMV em relação a volume de aplicação de calda e altura das etiquetas.

Quadro 12 – Valores médios do DMV para os índices volumétricos IV (L 1.000 m⁻³ de dossel) pelo teste de Tukey para a vazão de 11.300 m³ h⁻¹ (experimento 1)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	276.71 ^{AB}	268.68 ^{AB}	321.18 ^A	316.15 ^A	278.19 ^{AB}	226.96 ^B	251.45 ^B
20,2	233.94 ^A	200.39 ^A	223.44 ^A	191.21 ^A	242.98 ^A	208.90 ^A	201.11 ^A
12,8	134.20 ^B	226.07 ^A	187.46 ^{AB}	186.21 ^{AB}	207.99 ^A	226.78 ^A	228.14 ^A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O DMV médio variou entre 226 μm e 321 μm para o índice volumétrico 27 L 1.000m^{-3} de copa, não houve diferenças estatísticas para o índice volumétrico 20,2 L 1.000m^{-3} e variou entre 134 μm e 228 μm no índice 12 L 1.000m^{-3} .

O Quadro 13 apresenta a análise de variância para o DMV do experimento 2 de acordo com os volumes de aplicação e altura das etiquetas hidrossensíveis.

Quadro 13 – Análise de variância para DMV do experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	698.6460 ^{NS}
Volume	2	29460.51 ^{**}
Erro (A)	4	839.3954
Altura	6	2397.943 [*]
Altura*Volume	12	8875.112 ^{**}
Resíduo	36	891.3268

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 15,2%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; ^{*} Significativo a 5% de probabilidade, ^{**} Significativo a 1% de probabilidade.

A variável volume de aplicação e a interação da altura x volume apresentaram diferenças significativas conforme demonstra o quadro de análise de variância.

Em ambos experimentos o DMV foi próximo a 200 μm , que é um diâmetro que proporciona menor perda por deriva, fator extremamente importante nesse tipo de aplicação, Quadros 12 e 14.

Quadro 14 – Valores médios do DMV para os Índices volumétricos IV (L 1.000 m⁻³ de dossel) pelo teste de Tukey para a vazão de 13.250 m³h⁻¹ (experimento 2)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	209.95 ^A	237.79 ^A	250.30 ^A	220.33 ^A	216.92 ^A	278.38 ^A	262.14 ^A
20,2	105.27 ^B	89.89 ^B	162.13 ^{AB}	219.17 ^A	214.67 ^A	217.83 ^A	203.48 ^A
12,8	231.81 ^A	188.66 ^A	193.07 ^A	212.82 ^A	208.16 ^A	95.64 ^B	101.38 ^B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3.4. SPAN

O SPAN, também chamado de amplitude relativa ao DMV, é mais uma referência no estudo de gotas à variação dos diâmetros das gotas pulverizadas. O Quadro 15 apresenta os valores médios do SPAN para os três índices volumétricos estudados, nas sete alturas avaliadas utilizando a vazão de ar de 11.300 m³ h⁻¹ no ventilador (experimento 1).

O Quadro 16 apresenta o resumo da análise de variância para o experimento 1. Houve diferenças significativas para as variáveis volume (índice volumétrico), altura e para a interação volume x altura.

A comparação das médias do SPAN para cada altura avaliada dentro dos três índices volumétricos está no Quadro 17. Para os índices volumétricos de 27 e 20,8 L 1.000 m⁻³ de dossel os menores valores foram encontrados nas menores alturas.

Na avaliação do SPAN os melhores valores são os mais próximos de zero, indicando que não houve uma grande variação entre os diâmetros das gotas. Porém como o pulverizador pneumático utilizado tem sua saída direcionada para aplicação em grandes alturas, o foco era atingir as etiquetas de 15, 18 e 21 metros de altura. As etiquetas mais baixas, provavelmente, receberam em sua maioria gotas menores, provenientes de deriva.

Quadro 15 – Médias do SPAN para as diferentes alturas e índices volumétricos estudados na vazão de ar de 11.300 m³ h⁻¹ (experimento 1)

Altura (m)	Índice volumétrico L 1.000 m ⁻³		
	27,0	20,8	12,8
21	1,08	1,11	0,75
18	1,13	1,35	0,79
15	1,23	1,28	0,93
12	1,08	1,19	0,96
9	1,12	1,02	0,77
6	0,72	0,89	0,70
3	0,79	0,63	1,21

Quadro 16 – Resumo da análise de variância para o SPAN do experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Volume	2	0.2155444*
Bloco	2	0.3553016E-01 ^{NS}
Erro (A)	4	0.6406825E-01
Altura	6	0.1569550**
Altura*Volume	12	0.1147685**
Resíduo	36	0.3054815E-01

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 17.686; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 17 – Valores médios do SPAN para os índices volumétricos IV (L 1.000 m⁻³ de dossel) para a vazão de 11.300 m³h⁻¹ (experimento 1)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27	0.79 ^{AB}	0.72 ^B	1.12 ^{AB}	1.08 ^{AB}	1.23 ^A	1.13 ^{AB}	1.08 ^{AB}
20	0.63 ^C	0.89 ^{BC}	1.02 ^{ABC}	1.19 ^{AB}	1.28 ^{AB}	1.35 ^A	1.11 ^{AB}
12	1.21 ^A	0.70 ^B	0.77 ^{AB}	0.96 ^{AB}	0.93 ^{AB}	0.79 ^{AB}	0.75 ^B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O Quadro 18 apresenta os valores médios do SPAN para os três índices volumétricos estudados, nas sete alturas avaliadas utilizando a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ no ventilador (experimento 2).

Quadro 18 – Médias do SPAN para as diferentes alturas e índices volumétricos estudados na vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ (experimento 2)

Altura (m)	Índice volumétrico L 1.000 m ⁻³		
	27,0	20,8	12,8
21	1,27	1,30	1,14
18	1,04	1,14	0,85
15	1,09	1,20	1,15
12	0,99	1,17	1,15
9	0,77	0,89	1,05
6	1,01	0,80	1,26
3	0,92	0,79	0,80

O Quadro 19 apresenta o resumo da análise de variância para o experimento 2. Houve diferenças significativas para a variável altura.

Quadro 19 – Resumo da análise de variância para o SPAN do experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	0.03598254 ^{NS}
Volume	2	0.009125397 ^{NS}
Erro (A)	4	0.03482302
Altura	6	0.1724571 ^{**}
Altura*Volume	12	0.05825873 ^{NS}
Resíduo	36	0.04571693

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 20,6%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

As comparações das médias do SPAN para cada altura avaliada dentro dos três índices volumétricos estão no Quadro 20. Semelhante ao experimento 1 os menores valores estão nas menores alturas. Porém todos os valores estão dentro de valores aceitáveis para um pulverizador pneumático.

Quadro 20 – Valores médios do SPAN para as diferentes alturas para a vazão de 13.250 m³ h⁻¹ (experimento 2)

Altura (m)	SPAN
21	1.2367 ^A
15	1.1456 ^{AB}
12	1.1022 ^{AB}
6	1.0233 ^{AB}
18	1.0100 ^{AB}
9	0.9044 ^B
3	0.8356 ^B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3.5. Coeficiente de homogeneidade (CH)

O coeficiente de homogeneidade é a relação entre o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e o diâmetro da mediana numérica (DMN) e fornece mais uma referência da homogeneidade das gotas pulverizadas.

O Quadro 21 apresenta os valores médios do Coeficiente de homogeneidade para os três índices volumétricos estudados, nas sete alturas avaliadas utilizando a vazão de ar de $11300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ no ventilador, Experimento 1. O resumo da análise de variância para a variável coeficiente de homogeneidade está no Quadro 22. O teste de média para o CH em relação a Altura estão no Quadro 23. De forma semelhante ao estudo do SPAN os menores valores estão nas menores alturas e uma das prováveis explicações é também o fato de o jorro desse pulverizador ser direcional e estar regulado para as maiores alturas.

Quadro 21 – Médias do CH para as diferentes alturas e índices volumétricos estudados na vazão de ar de $11300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (experimento 1)

Altura (m)	Índice volumétrico $\text{L } 1.000 \text{ m}^{-3}$		
	27,0	20,8	12,8
21	1,91	1,52	1,81
18	2,68	1,58	3,06
15	1,69	2,13	2,34
12	2,66	1,86	2,17
9	2,48	2,41	1,91
6	2,95	1,98	2,25
3	2,33	2,86	3,60

Quadro 22 – Resumo da análise de variância para o CH do experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Volume	2	0.9812302 ^{NS}
Bloco	2	0.5318397 ^{NS}
Erro (A)	4	0.3020921
Altura	6	1.201051*
Altura*Volume	12	0.6700116 ^{NS}
Resíduo	36	0.4497542

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 29,2%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 23 – Valores médios do CH para as diferentes alturas para a vazão de 13.250 m³ h⁻¹ (experimento 2)

Altura (m)	CH
21	2.93 ^A
6	2.44 ^{AB}
18	2.39 ^{AB}
15	2.26 ^{AB}
12	2.23 ^{AB}
9	2.05 ^{AB}
3	1.74 ^B

As médias seguidas pela mesma letra não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O Quadro 24 apresenta os valores médios do Coeficiente de Homogeneidade (CH) para os três índices volumétricos estudados, nas sete alturas avaliadas utilizando a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ no ventilador (experimento 2).

Quadro 24 – Médias do CH para as diferentes alturas e índices volumétricos estudados na vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ (experimento 2)

Altura (m)	Índice volumétrico L 1.000 m ⁻³		
	27,0	20,8	12,8
7	2,59	2,08	1,58
6	2,57	2,19	1,41
5	2,09	2,24	1,92
4	1,75	2,54	2,14
3	1,85	1,65	2,00
2	1,75	1,38	2,54
1	1,49	1,58	2,82

O Quadro 25 apresenta o resumo da análise de variância para o experimento 2. As médias da interação volume x altura diferenciaram entre si em nível de 1%.

Quadro 25 – Resumo da análise de variância para do CH no experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	0.003663492 ^{NS}
Volume	2	0.06172540 ^{NS}
Erro (A)	4	0.2945873
Altura	6	0.1181143 ^{NS}
Altura*Volume	12	0.8509698**
Resíduo	36	0.1433553

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 18,85%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

A comparação das médias do CH para cada altura avaliada dentro dos três índices volumétricos está no Quadro 26. Para os índices volumétricos de 27 e 20,8 L 1.000 m⁻³ de dossel os menores valores foram encontrados nas menores alturas, Também nesse experimento os menores valores estão nas menores alturas.

Quadro 26 – Valores médios do CH para os Índices volumétricos IV (L 1.000 m⁻³ de dossel) para a vazão de 13.250 m³ h⁻¹ (experimento 2)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	1.49 ^B	1.75 ^{AB}	1.85 ^{AB}	1.75 ^{AB}	2.09 ^{AB}	2.57 ^A	2.59 ^A
20,2	1.58 ^{AB}	1.38 ^B	1.65 ^{AB}	2.54 ^A	2.24 ^{AB}	2.19 ^{AB}	2.08 ^{AB}
12,8	2.82 ^A	2.54 ^{AB}	2.00 ^{ABC}	2.14 ^{ABC}	1.92 ^{ABC}	1.41 ^C	1.58 ^{BC}

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3.6. Volume de calda depositada

Para a análise do volume de calda acumulado utilizou-se a adição do traçador Azul Brilhante (FD&C Blue n.º 1) numa concentração de 2 gramas de traçador por litro de água. Foram feitas leituras de absorvância no espectrofotômetro de parte desta calda e determinada a curva de calibração (Figura 5) para a concentração de corante utilizada, obtendo-se a equação (3):

$$Y = 0,003304x + 1,38E-05 \quad (3)$$

em que x é a leitura da absorvância no espectrofotômetro (nm); e y, calda na solução (%).

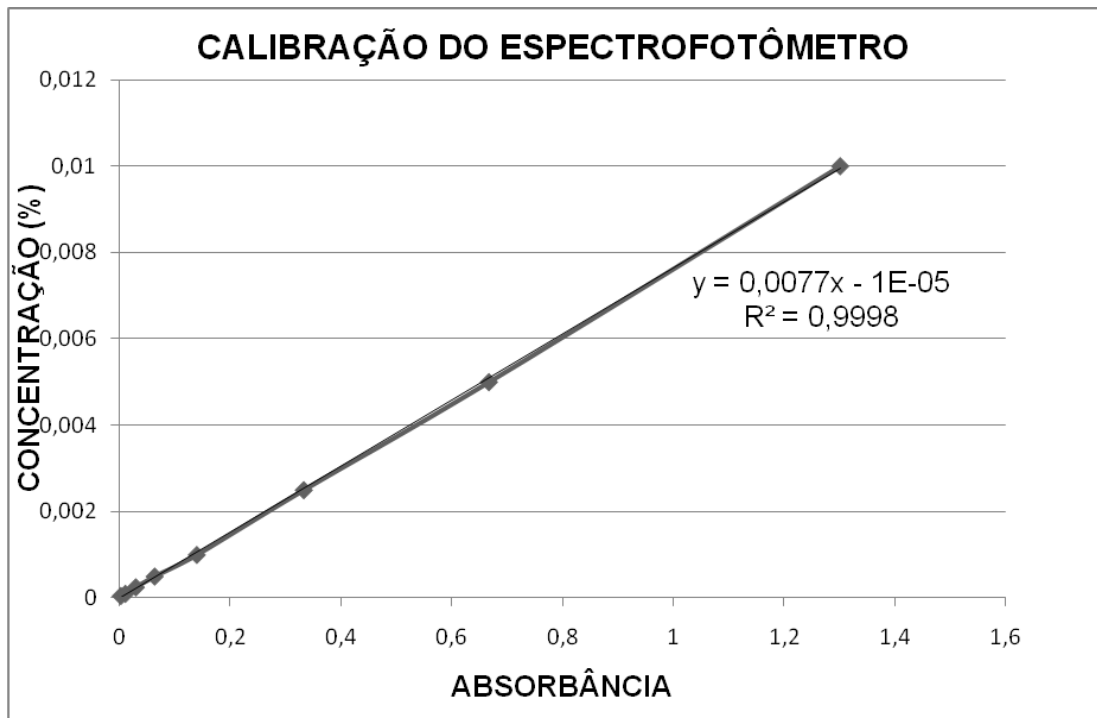


Figura 5 – Curva de calibração do espectrofotômetro.

Os Quadros 27 e 28 apresentam as análises de variância dos experimentos 1 e 2, respectivamente, para o volume de calda acumulado na folha em $\mu\text{L cm}^{-2}$.

Em ambos os casos, o volume de aplicação de calda, a altura analisada e a interação entre as variáveis altura x volume apresentaram diferenças significativas. Nos Quadros 27 e 28 estão demonstradas as médias e significâncias obtidas pelo teste de Tukey.

Os maiores valores, semelhante aos parâmetros observados anteriormente, estão nas alturas 15 e 18 metros. Neste caso, os valores variam entre 2,1 a 4,1 $\mu\text{L cm}^{-2}$ para os índices volumétricos 27 e 20,2 $\text{L } 1000\text{m}^{-3}$ de copa nas duas vazões de ar estudadas (experimento 1 e 2). Esses valores vêm corroborar com os resultados de Ramos et al. (2007) quando pulverizando citros com pulverizador hidropneumático. Conforme observado, os valores obtidos para o menor índice volumétrico 12,8 $\text{L } 1000\text{m}^{-3}$, obtiveram-se valores baixos em todas as alturas no experimento 1, resultado semelhante ao experimento 2, com exceção da altura de 12 metros (Quadros 29 e 30).

Quadro 27 – Análise de variância para a variável volume de calda acumulada para o experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Total	62	
Total de redução	26	7.240724
Bloco	2	0.6445904 ^{NS}
Volume	2	28.67522**
Erro(A)	4	0.6605462
Altura	6	7.285291**
Altura*Volume	12	6.938772**
Resíduo	36	0.4003559

Coeficiente de variação da subparcela (Altura) = 45,7%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 28 – Análise de variância para a variável volume de calda acumulada para o experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	0.00124141 ^{NS}
Volume	2	2.851496**
Erro(A)	4	0.2818742
Altura	6	11.49575**
Altura*Volume	12	7.490013**
Resíduo	36	1.001478

Coeficiente de variação da subparcela (Altura)= 66,4%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 29 – Valores médios do volume de calda depositada para os índices volumétricos IV (L 1.000 m³ de dossel) pelo teste de Tukey para a vazão de 11.300 m³h⁻¹ (experimento 1)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	0.13 ^D	0.13 ^D	0.64 ^{CD}	1.89 ^C	3.55 ^B	4.76 ^{AB}	6.23 ^A
20,2	0.98 ^{BC}	0.49 ^C	1.34 ^{BC}	3.21 ^A	2.10 ^{AB}	2.36 ^{AB}	0.17 ^C
12,8	0.09 ^A	0.17 ^A	0.17 ^A	0.06 ^A	0.23 ^A	0.12 ^A	0.21 ^A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 30 – Valores médios do volume de calda depositada para os índices volumétricos IV (L 1.000 m³ de dossel) pelo teste de Tukey para a vazão de 13.250 m³h⁻¹ (experimento 2)

IV	Altura (m)						
	3	6	9	12	15	18	21
27,0	0.19 ^C	0.30 ^C	0.23 ^C	1.21 ^{BC}	2.85 ^{AB}	3.63 ^{AB}	4.06 ^A
20,2	0.23 ^B	0.00 ^B	0.09 ^B	2.51 ^{AB}	3.70 ^A	3.59 ^A	1.45 ^{AB}
12,8	0.01 ^B	0.03 ^B	2.23 ^B	4.78 ^A	0.52 ^B	0.04 ^B	0.01 ^B

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, chegou-se às seguintes conclusões:

- Nos dois experimentos, independentemente das diferentes vazões de ar, todas as condições avaliadas apresentaram densidade de gotas e DMV satisfatórios para pulverização em elevadas alturas.
- Nos parâmetros porcentagem de cobertura e volume de calda depositada, os melhores resultados ocorreram para os volumes 27 e 20,2 litros de calda por 1.000 m³ de copa, independente da vazão de ar utilizada.
- Para os parâmetros analisados o índice volumétrico de 20,2 L 1.000 m⁻³ de dossel é o indicado para a aplicação nas alturas estudadas.
- O pulverizador utilizado se mostra eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto.

5. BIBLIOGRAFIA

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

BAYAT, A.; ZEREN, Y.; ULUSPY, M.R. Spray deposition with conventional and electrostatically-charged spraying in citrus trees. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa And Latin America**, v. 25, n. 4, p. 35-39, 1994.

CHAIM, A. **História da pulverização**. Jaguariúna: EMBRAPA/CNPMA, 1999. 17 p.

CHAIM, A.; MAIA, A.H.N.; PESSOA, M.C.P.Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999.

EWING, G.W. **Métodos instrumentais de análise química**. 6.ed. São Paulo: Editora Afiliada, 1996. 296 p.

FAROOQ, M.; LANDERS, A.J. **Interactive effects of air, liquid and canopies on spray patterns of axial-flow sprayers**. St. Joseph, MI: ASAE, 2004. (Paper, 1001).

FERREIRA, M.C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para o controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (g., 1939) em citros**. 2003. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FOX, R.D.; DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; BRAZEE, R.D.; SVENSSON, S.A. A history of air-blast sprayer development and future prospects. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 2, p. 405-410, 2008.

KNEWITZ, H.; WEISSER, P.; KOCH, H. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. **Aspects of Applied Biology**, p. 231-236, 2002.

KONNO, R.H.; FRANCO, C.R.; OMOTO, C. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestânicos em citros. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 4, p. 703-709, 2001.

LAW, S.E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during de 20th century. **Journal Electrostatics**, v. 51/52, p. 25-42, 2001.

MAGDALENA, J.C. **Efecto de la utilización de pulverizadores de flujo transversal e hidroneumático tradicional sobre la calidad de los tratamientos fitosanitarios en manzanos (*Malus domestica*, Borkh)**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Espanha.

MAGNO JÚNIOR, R.G. **Desenvolvimento de sistema eletrônico para pulverização e atração de gotas em plantas cítricas**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

NUYTTENS, A.D.; BAETENSB, K.; DE SCHAMPHELEIREC, M.; SONCKA, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, v. 97, p. 333-345, 2007.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J.L. **Técnica de la mecanización agraria**. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1989. 641 p.

PAI, N.; SALYANI, M.; SWEEB, R.D. **Adjusting airblast sprayer airflow based on tree foliage density**. St. Joseph, MI: ASAE, 2008. (Paper, 3653).

PROKOP M., KEJKLÍČEK R.: **Effect of adjuvants on spray droplet size of water**. Research in Agricultural Engineering, 48: 144–148. 2002

RAETANO, C.G.; SCUDELER, F.; BAUER, F.C.; VENEGAS, F.; VINCHI, R.R. Avaliação da cobertura de pulverização com diferentes equipamentos e condições operacionais na cultura do café. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2, 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônômico, Centro de Mecanização e Automação Agrícola, 2001. 6 p.

RAMOS, H.H.; YANAI, K.; CORREA, I.M.; BASSANESSI, R.B.; GARCIA, L.C. Características da pulverização e citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 56-65, 2007.

RODRIGUES, G.J. **Critérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RUAS, R.A.A. **Tecnologia de aplicação de glyphosate para certificação de produtos agrícolas**. 2007. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, 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.

SKOOG, A.D.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T.A. **Princípios de análise instrumental**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 835 p.

TSAY, J.; FOX, R.D.; OZKAN, H.E.; BRAZEE, R.D.; DERKSEN, R.C. Evaluation of a pneumatic-shielded spraying system by CFD simulation. **Transactions of the ASAE**, v. 45, n. 1, p. 47-54, 2002.

VLADISAVLJEVIC, G.T.; SCHUBERT, H. Influence of process parameters on droplet size distribution in SPG membrane emulsification and stability of prepared emulsion droplets. **Journal of Membrane Science**, v. 225, p. 15-23, 2003.

WOMAC, A.R.; HART, W.E.; MAYNARD II, R.A. Drop spectra for pneumatic atomizers at low discharge rates. **Transactions of the ASAE**, v. 41, n. 4, p. 941-949, 1998.

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PULVERIZADOR PNEUMÁTICO PARA A APLICAÇÃO DE FITOSSANITÁRIOS EM PLANTAS DE EUCALIPTO

RESUMO

O equipamento em estudo direciona o jato de ar verticalmente e foi projetado para aplicação de fitossanitários nas copas de eucaliptos adultos, com alturas superiores a 20 metros. O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, MG, visando determinar a potência demandada e as vazões de ar do pulverizador pneumático adaptado, considerando a pressão de ar proporcionada pelo ventilador, a velocidade de saída do ar, a potência demandada no eixo cardan e o espectro de gotas, em relação a distância de aplicação durante a pulverização. Nas condições em que o experimento foi conduzido, o pulverizador mostrou-se eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto. Observou-se que o aumento da rotação do eixo proporcionou um aumento de 28% na velocidade do ar e 38% na potência necessária para o acionamento do pulverizador. A diminuição da vazão de calda reduz o alcance máximo do pulverizador, assim como proporciona uma diminuição dos valores de DMV, porcentagem de cobertura e densidade de gotas numa mesma distância do pulverizador. A vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtida utilizando $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ na TDP, é indicada para pulverizações de até 30 metros de distância do pulverizador.

1. INTRODUÇÃO

Os pulverizadores pneumáticos são constituídos de ventiladores centrífugos dotados de rotores de pás retas que produzem um jato de ar com alta velocidade. Originalmente esses pulverizadores foram projetados para aplicações em lavouras com plantas de portes médio e baixo, com o jato de ar lançado na horizontal. O equipamento em estudo direciona o jato de ar na vertical, condição necessária em áreas de reflorestamento de eucaliptos adultos com copas, muitas vezes, acima de 20 metros de altura.

A pulverização é obtida pelo choque da calda, que escoar sob baixa pressão, com a corrente de ar, em alta velocidade. Essa corrente de ar proporciona o fracionamento do líquido e seu transporte até o alvo (RICHEY et al., 1961). Além desse fato, a corrente de ar é responsável pela retirada da massa de ar do interior do dossel das plantas, para permitir a entrada da massa de ar que contém as gotas.

O uso de pulverizadores pneumáticos e hidropneumáticos apresenta alto grau de ineficiência, uma vez que há um excesso de aplicação de fitossanitário na parte baixa e externa das árvores, enquanto há uma sub-aplicação de produto na parte superior e interna das mesmas, estando a ineficiência nos seguintes aspectos:

- a) A velocidade de ar na saída do ventilador cai rapidamente com a distância percorrida. Esse aspecto é de fundamental importância já que a capacidade

de transporte de fluxo de ar vai depender da distância que tem a percorrer (REICHARD et al., 1977).

- b) Por se tratar de árvores de formas e tamanhos diferentes, as gotas estão sujeitas às condições climáticas por mais tempo quando comparadas com as culturas baixas. Esse efeito é mais evidente na parte superior das árvores, onde as gotas ficam mais sujeitas à deriva e evaporação. Essas perdas são evidenciadas à medida que aumenta a temperatura e diminuem os diâmetros de gotas e a umidade do ar (MAGDALENA, 2004)
- c) Impossibilidade de fixar vazões ótimas de ar para transporte e penetração das gotas nas árvores que variam de vários fatores externos como o tipo de copa, velocidade de avanço do equipamento, condições climáticas e outras, conforme descreve Magdalena (2004).

A má distribuição do produto fitossanitário na árvore pode favorecer o aparecimento de formas resistentes da praga ou doença e, conseqüentemente, a baixa eficácia de controle do problema. Sendo assim, o projeto de pulverizadores que viessem a minimizar tais ineficiências dos pulverizadores tradicionais poderia contribuir para o controle de tais doenças e pragas, diminuição dos custos de aplicação, melhoria na saúde dos aplicadores e consumidores, contribuindo, também, com a menor contaminação ambiental, uma vez que seria possível diminuir as doses de aplicação e perdas do produto por deriva (MAGDALENA, 2004).

Os métodos tradicionais de aplicação de fitossanitários geralmente utilizam um excesso de produto para garantir a eficácia da pulverização, sendo que a redução de volume a ser aplicado aumentaria a capacidade operacional dos pulverizadores (HARDI, 1993).

Para haver uma boa aplicação da calda e, conseqüentemente, uma boa distribuição da mesma na planta, fatores como tamanho e forma da planta, densidade da copa, deriva, tamanho das gotas, volume da calda, velocidade de deslocamento do conjunto trator pulverizador, vento e tipo do equipamento deverão ser considerados (RAETANO et al., 2001; SCUDELER et al., 2004; ORTIZ-CAÑAVATE et al., 1984).

Cross et al. (2001), avaliando três DMV (156, 198 e 237 μm), concluíram que o tamanho de gota não afeta significativamente a qualidade de distribuição do produto em macieiras quando utilizando de um pulverizador

hidropneumático tradicional. Porém, observaram que as gotas finas tenderiam a uma maior eficiência biológica, enquanto as grossas tenderiam a menor perda por deriva.

Entretanto, segundo Ortiz-Cañavate et al. (1984), as gotas finas são facilmente carregadas pelo vento ou são evaporadas durante o percurso quando em condições de baixa umidade relativa do ar, o que faz da pulverização pneumática ser influenciada pelas condições ambientais.

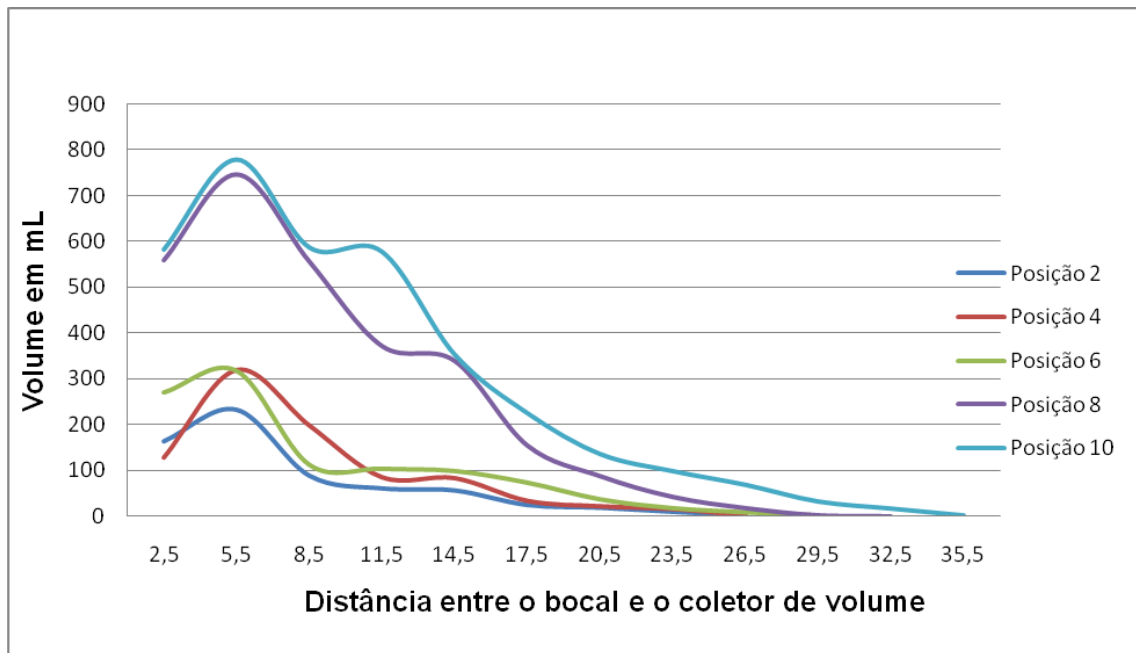
Magdalena (2004), avaliando a potência demandada por pulverizadores hidropneumáticos tradicionais e de fluxo transversal, observou que a potência total demandada pelos dois foram de: 10,35 kW e 10,18 kW na TDP respectivamente.

Ruas et al. (2003) estudaram a uniformidade de distribuição de líquido de aplicação produzido por um pulverizador pneumático, tipo canhão. O estudo foi realizado com vazões de calda variando de 4,64 a 8,97 L min⁻¹, considerando a soma dos dois bocais (superior e inferior). O alcance máximo obtido variou de 23,5 m para a vazão de 4,64 L min⁻¹ a 32,5 m para a vazão de 8,97 L min⁻¹ e uma grande variação do volume de líquido em relação a distância de aplicação, conforme mostra a Figura 1.

Rodrigues (2005) estudou a relação do espectro de gotas na eficiência de inseticidas utilizando um pulverizador hidropneumático. O autor conclui que os parâmetros diâmetro da mediana numérica (DMV) e densidade de gotas por cm² influenciam na mortalidade de insetos, e descreve a equação:

$$E = 57,56327 + 0,17112D + 0,01759DMV \quad R^2 = 0,41$$

em que E é a mortalidade causada pelo inseticida (%); D , densidade de gotas (gotas cm⁻²); e DMV , diâmetro da mediana volumétrica (µm).



Fonte: Ruas et al. (2003).

Figura 1 – Perfil de distribuição de líquido do pulverizador pneumático tipo canhão em diferentes posições de abertura do registro do comando da válvula reguladora de pressão.

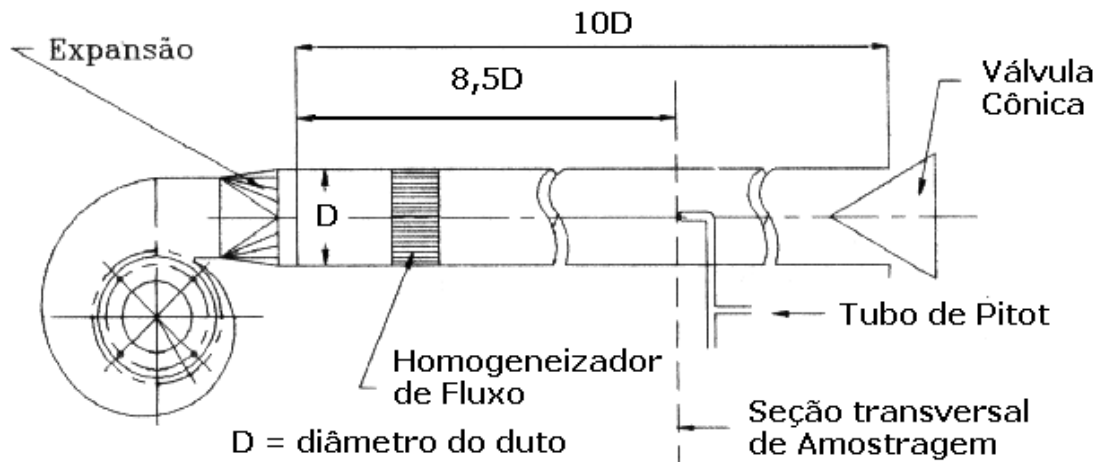
O objetivo do presente trabalho foi ensaiar um pulverizador pneumático, considerando a pressão de ar proporcionada pelo ventilador, a velocidade de saída do ar, a potência demandada no eixo cardan e o espectro de gotas, em relação a distância de aplicação durante a pulverização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do ensaio

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, MG, visando determinar a potência demandada e as vazões de ar do pulverizador pneumático, da marca Jacto, com o objetivo de pulverizar as copas de eucaliptos adultos (*Eucalyptus grandis*), com alturas superiores a 20 metros. Para o acionamento do pulverizador, foi utilizado um trator Valtra 800, com 86 cv de potência no motor.

O pulverizador tem um tanque de polietileno de 600 litros, bomba centrífuga com capacidade de 150 L min^{-1} , vazão de ar de $9000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, conforme o manual do fabricante (JACTO, 2002). Para a determinação das pressões estática e dinâmica foi construído um tubo homogeneizador de fluxo de ar e controlador da vazão através de uma válvula cônica na saída, conforme Figura 2.



Fonte: Mesquita et al. (1985).

Figura 2 – Estrutura para teste de ventiladores centrífugos.

O referido tubo foi acoplado na saída do pulverizador pneumático e nele foi instalado um tubo de pitot conforme Figuras 3 e 4.

As pressões estática e total foram coletadas em seis posições do tubo homogeneizador (Tabela 1 e Figura 4) em pontos onde as seções tinham áreas semelhantes, utilizando a equação (1), como descrito por Mesquita et al. (1985):

$$L_N = d \sqrt{\frac{2n-1}{4N}} \quad (1)$$

em que L_N é a distância do tubo de Pitot, representado na Figura 4; N , número de leituras; n , enésima área, contada a partir do centro; e d , diâmetro do tubo (mm).



Figura 3 – Pulverizador e tubo homogeneizador.



Figura 4 – Tubo de Pitot e coluna d'água graduada.

Tabela 1 – Posições para coleta das amostras

Amostras	Posição do tubo de Pitot em relação ao diâmetro do tubo (LN)
1	0,044D
2	0,147D
3	0,294D
4	0,706D
5	0,853D
6	0,956D

D é o diâmetro do tubo homogeneizador.

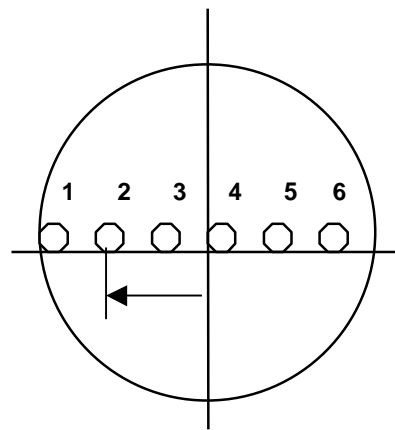


Figura 5 – Corte da seção transversal do duto com as posições de instalação do tubo de Pitot.

A colocação do tubo de Pitot foi feita considerando as recomendações descritas por Mesquita et al. (1985).

A pressão dinâmica do ventilador (PD) é a pressão cinética correspondente a velocidade média do ar na saída do duto e é obtida subtraindo a pressão total obtida no tubo de pitot, da pressão estática, ambas medidas com o tubo de Pitot e determinadas a partir de uma tomada de pressão na parede do tubo homogeneizador.

Calculada a pressão cinética (P_{cin}), em cada ponto de coleta, calculou-se a velocidade de ar naquele ponto de seção transversal através da equação (2).

$$v = \sqrt{2 \times g \times P_{CIN}} \quad (2)$$

em que v é a velocidade do ar ($m s^{-1}$); P_{CIN} , pressão cinética (Pa); e g , aceleração da gravidade ($m s^{-2}$).

Como a velocidade varia na seção, calculou-se a média e, com essa média, calculou-se a vazão pela equação (3),

$$Q_m = v_{med} \times A \quad (3)$$

em que Q_m é a vazão média do ar ($m^3 s^{-1}$); v_{med} , velocidade média do ar ($m s^{-1}$); e A , área da seção transversal do tubo homogeneizador (m^2).

As pressões foram medidas para cada uma das sete diferentes posições da válvula cônica na saída do tubo homogeneizador, conforme Tabela 2, e em quatro diferentes rotações do eixo da TDP, sendo $33,5 \text{ rad s}^{-1}$ (320 rpm), $45,0 \text{ rad s}^{-1}$ (430 rpm), $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) e $68,0 \text{ rad s}^{-1}$ (650 rpm). A rotação padrão de 5 rad s^{-1} (540 rpm) foi obtida a 1.900 rpm do motor do trator e as demais a 1.120, 1.600 e 2.200 rpm, respectivamente.

Tabela 2 – Abertura da válvula cônica

1	Totalmente aberta
2	22 cm da borda
3	17 cm da borda
4	12 cm da borda
5	7 cm da borda
6	3 cm da borda
7	Totalmente fechada

Para cada uma das sete posições da válvula cônica foi determinada a potência demandada para o acionamento do pulverizador. Esta foi obtida instalando entre a tomada de potência do trator (TDP) e o eixo cardan um torquímetro eletrônico marca Omega modelo TQ501-10K, com torque de 1130 mN e rotação de 600 rpm para a obtenção do torque necessário para acionar do pulverizador. Foi instalado também um sensor indutivo marca Sense, modelo PS5-18GI50-E, para a determinação da rotação do eixo cardan. Esses sensores estiveram ligados ao sistema de aquisição de dados Spider8 da empresa HBM para o condicionamento do sinal e este a um notebook para o armazenamento dos dados. O controle dos canais e tratamentos inicial dos dados, feito pelo sistema de aquisição de dados foi controlado pelo software CATMAN.

A potência demandada para o acionamento do eixo cardan foi calculada pela equação (4),

$$P = \frac{2\pi \times n \times T}{60000} \quad (4)$$

em que P é a potência demandada para o acionamento do pulverizador (kW); n , rotação do eixo cardan (rpm); e T , torque no eixo cardan (mN).

A determinação da pressão estática, cinética, velocidade do ar, pressão total conforme as Figuras 6, 7 e 8.



Figura 6 – Equipamentos de aquisição dos dados de torque e rotação.

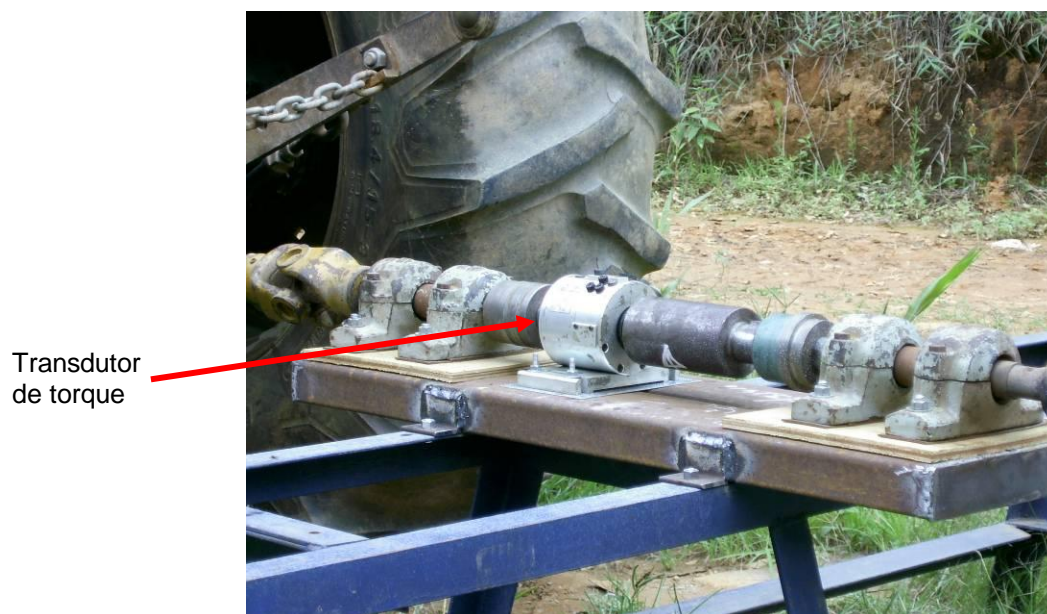


Figura 7 – Transdutor de torque instalado entre o trator e o pulverizador.



Figura 8 – Vista geral da bancada de aquisição de dados e pulverizador.

2.2. Velocidade do jato de ar ao longo da distância

Para a determinação da variação da velocidade do ar a partir da saída do ventilador, foi necessária a utilização de uma estrutura que permitisse o acionamento do sistema de ventilação, sem necessidade de o ventilador estar acoplado ao sistema de levantamento hidráulico do trator. Desta forma foi possível movimentar em 90° o pulverizador, lançando o jato paralelo ao solo. Utilizando-se um anemômetro de fio quente, determinou-se a velocidade do ar, com intervalos de 3 metros, a partir do tubo de saída de ar do ventilador.

Usando a linha central do pulverizador, determinou-se, também, a distância máxima das laterais desses pontos onde ainda havia vento proveniente do ventilador, determinando-se, assim, o perfil do cone de ar gerado pelo equipamento.

2.3. Espectro de gotas em função da vazão de ar e vazão de calda ao longo da distância

Para a determinação do espectro de gotas o pulverizador trabalhou deslocado em 90° da sua posição normal, permitindo assim lançar o jato pulverizado paralelo ao solo.

Foram demarcadas posições de 5 em 5 metros a partir do tubo de saída do pulverizador. Utilizaram-se quatro velocidades de ar ($25,1 \text{ m s}^{-1}$; $32,1 \text{ m s}^{-1}$; $41,1 \text{ m s}^{-1}$ e $52,6 \text{ m s}^{-1}$) obtidos utilizando, respectivamente $33,5 \text{ rad s}^{-1}$ (320 rpm), $45,0 \text{ rad s}^{-1}$ (430 rpm), $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) e $68,0 \text{ rad s}^{-1}$ (650 rpm) no eixo cardan da TDP e três vazões de calda, $12,0 \text{ L min}^{-1}$; $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e $25,1 \text{ L min}^{-1}$.

Para a análise do espectro de gotas foram utilizadas etiquetas de papel hidrossensível e coletadas três amostras em cada posição demarcada no solo a partir do ponto onde as etiquetas não ficassem totalmente cobertas até o ponto em que ainda chegavam gotas.

Posteriormente as etiquetas foram digitalizadas e analisadas com o auxílio do software "Image Tools", determinado o DMV, porcentagem de cobertura e densidade de gotas por cm^2 .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Pressão estática, dinâmica, vazão e velocidade do ar

As determinações foram feitas em quatro rotações diferentes do eixo cardan do pulverizador, $33,5 \text{ rad s}^{-1}$ (320 rpm), $45,0 \text{ rad s}^{-1}$ (430 rpm), $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) e $68,0 \text{ rad s}^{-1}$ (650 rpm) que corresponderam a 1.120, 1.600, 1.900 e 2.200 rpm no motor do trator utilizado. Os resultados de pressão estática (PE), pressões dinâmicas (PD), ambos em Pascal (Pa), velocidade do ar, em m s^{-1} , e vazões de ar, $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$, para as quatro rotações são apresentados no Quadro 1 e Figura 9.

Pode-se observar que as velocidades variaram de 0 a 25 m s^{-1} , obtendo vazões entre 0 e $6.346 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Em relação às pressões observa-se que a pressão estática variou de 29 Pa com o cone totalmente aberto a 686 Pa com o cone fechado. Como era é previsto a pressão dinâmica aumentou com a abertura do cone, obtendo valores entre 0 e 372 Pa. Os valores estão ilustrados no Quadro 1 e na Figura 9.

Quadro 1 – Valores de velocidade do ar, pressões estáticas e dinâmicas e vazões do ar para $33,5 \text{ rad s}^{-1}$ (320 rpm) do eixo cardan do pulverizador

Posição do cone	Velocidade do ar (m s^{-1})	Vazão de ar ($\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$)	Pressão estática (Pa)	Pressão dinâmica (Pa)
Aberto	25,1	6346	30	372
22	24,7	6300	39	372
17	27,3	6930	118	441
12	24,6	6090	304	333
7	20,4	5195	637	245
3	14,5	3734	715	127
0	0,0	0	686	0

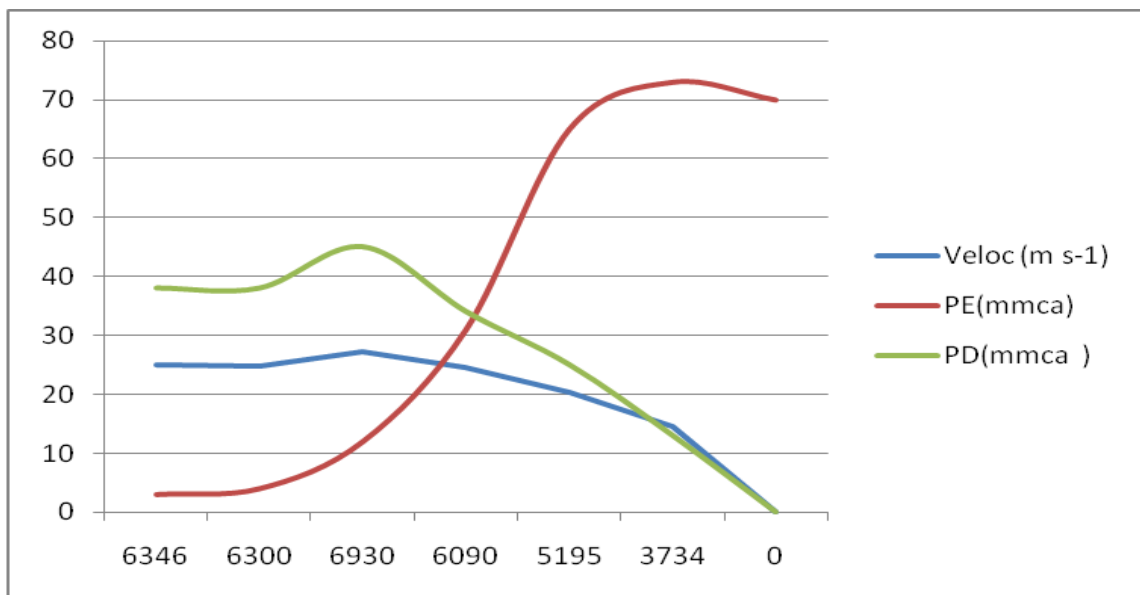


Figura 9 – Velocidade do ar, pressões estáticas e dinâmicas em função da vazão de ar para $33,5 \text{ rad s}^{-1}$ (320 rpm) do eixo cardan.

Para a rotação de 45 rad s⁻¹ (430 rpm) do eixo cardan do pulverizador a pressão estática variou de 78 Pa com o cone aberto até a pressão de 1.490 Pa para o cone totalmente fechado. A pressão dinâmica variou de 637 Pa com o cone aberto até 10 Pa com o cone totalmente fechado. Essa pressão deveria ser 0 Pa nessa situação. O valor de pressão dinâmica diferente de 0 Pa é devido a impossibilidade de vedar totalmente as saídas de ar. A própria metodologia determina que o tubo de Pitot determine as pressões estáticas e dinâmicas em seis pontos diferentes do tubo homogeneizador, e a abertura necessária para a passagem do tubo de Pitot é um dos pontos provável desse erro.

Com os valores de pressões estáticas e dinâmicas obtiveram-se os valores de velocidade do ar variando de 4 m s⁻¹ a 32,1 m s⁻¹, e vazões de 1.008 a 8.172 m³ h⁻¹. Os valores estão apresentados no Quadro 2 e na Figura 10.

Quadro 2 – Valores de velocidade do ar, pressões estáticas e dinâmicas e vazões do ar para 45 rad s⁻¹ (430 rpm) do eixo cardan do pulverizador

Posição do cone	Velocidade do ar (m s ⁻¹)	Vazão de ar (m ³ h ⁻¹)	Pressão estática (Pa)	Pressão dinâmica (Pa)
Aberto	32,1	8.172	78	637
22	33,3	8.424	88	669
17	33,0	8.388	157	666
12	34,3	8.712	284	715
7	27,5	6.984	764	461
3	16,5	4.212	1.313	167
0	4,0	1.008	1.490	10

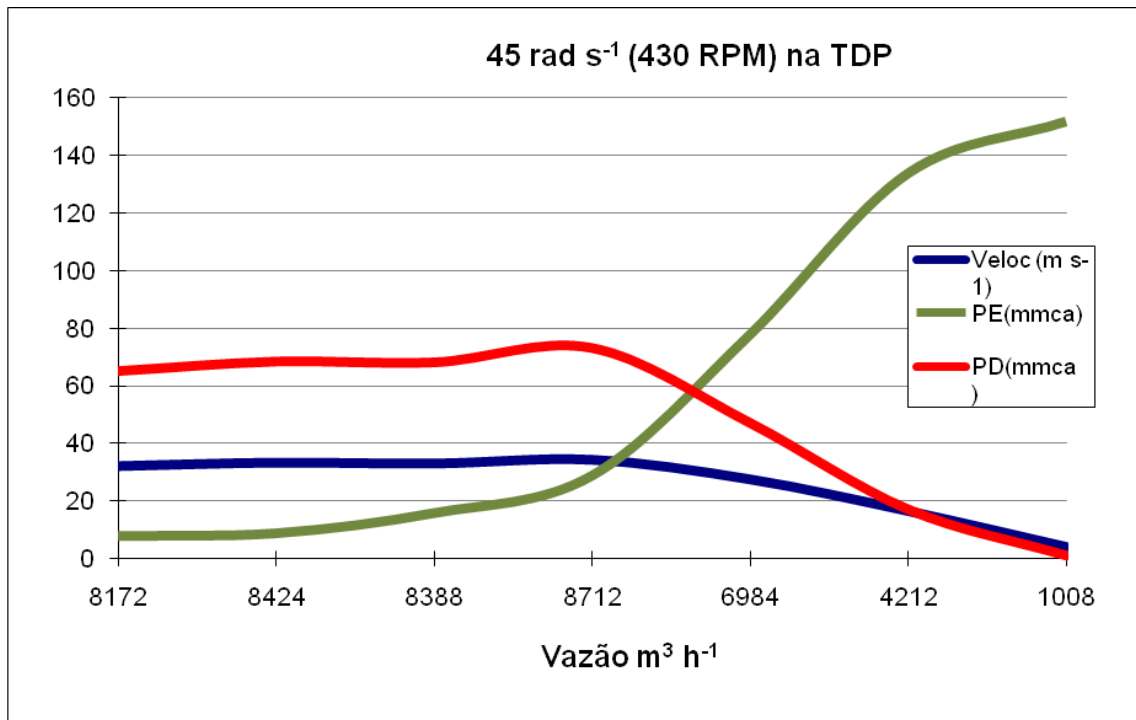


Figura 10 – Velocidade do ar, pressões estáticas e dinâmicas em função da vazão de ar para 45 rad s⁻¹ (430 rpm) do eixo cardan.

Utilizando a rotação padrão do eixo cardan para uso de implementos na TDP de 56,5 rad s⁻¹ (540 rpm) obteve-se a pressão estática variando de 98 Pa com o cone aberto até 2.205 Pa com o cone fechado e a pressão dinâmica variando de 1.029 Pa com o cone aberto até 49 Pa com o cone fechado. Com esses valores obtiveram-se os valores de velocidade de 41,1 m s⁻¹ e de vazão de 10.440 m³ h⁻¹ para o cone aberto e de 9 m s⁻¹ e 2.268 m³ h⁻¹ para o cone fechado. Conforme citado na avaliação anterior os valores de velocidade, vazão e pressão dinâmica deveriam ser 0, mas com o aumento da pressão estática devido a maior rotação do ventilador esses pontos de fuga de ar ficam mais evidentes. Os valores estão apresentados no Quadro 3 e na Figura 11.

O Quadro 4 e a Figura 12 apresentam os dados para a rotação de 68 rad s⁻¹ (650 rpm) na tomada de potência (TDP), condição de rotação que o pulverizador também foi avaliado em campo.

Quadro 3 – Dados de velocidade do ar, pressões estáticas e dinâmicas e vazões do ar para $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) do eixo cardan do pulverizador

Posição do cone	Velocidade do ar (m s^{-1})	Vazão de ar ($\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$)	Pressão estática (Pa)	Pressão dinâmica (Pa)
Aberto	41,10	10.440	98	1.029
22	39,50	10.008	108	948
17	40,96	10.440	186	1.029
12	41,30	10.512	412	1.029
7	32,70	8.316	1.137	647
3	19,90	5.076	1.862	240
0	9,00	2.268	2.205	49

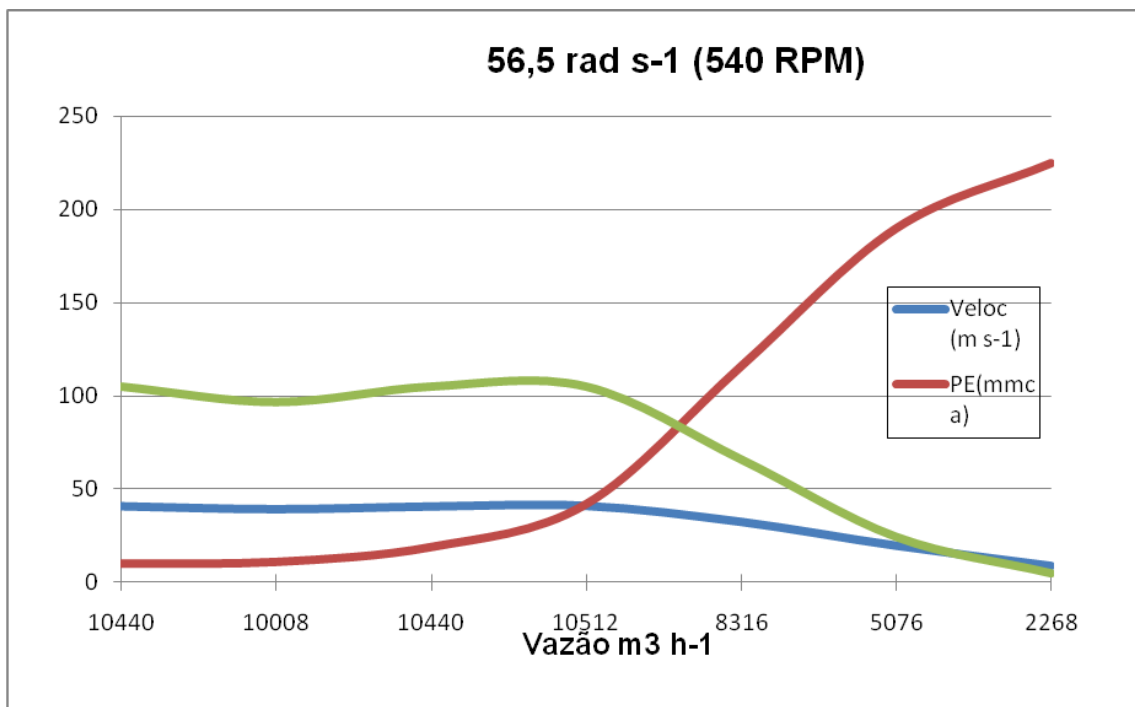


Figura 11 – Velocidade do ar, pressões estáticas e dinâmicas em função da vazão de ar para $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) do eixo cardan.

Quadro 4 – Valores de velocidade do ar, pressões estática e dinâmica e vazões do ar para 68 rad s^{-1} (650 rpm) do eixo cardan do pulverizador

Posição do cone	Velocidade do ar (m s^{-1})	Vazão de ar ($\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$)	Pressão estática (Pa)	Pressão dinâmica (Pa)
Aberto	52,64	13.392	147	1.676
22	49,30	12.528	137	1.487
17	46,90	11.916	245	1.331
12	48,50	12.348	568	1.441
7	38,50	9.792	1.568	902
3	23,00	5.832	2.519	323
0	9,90	2.520	3.038	59

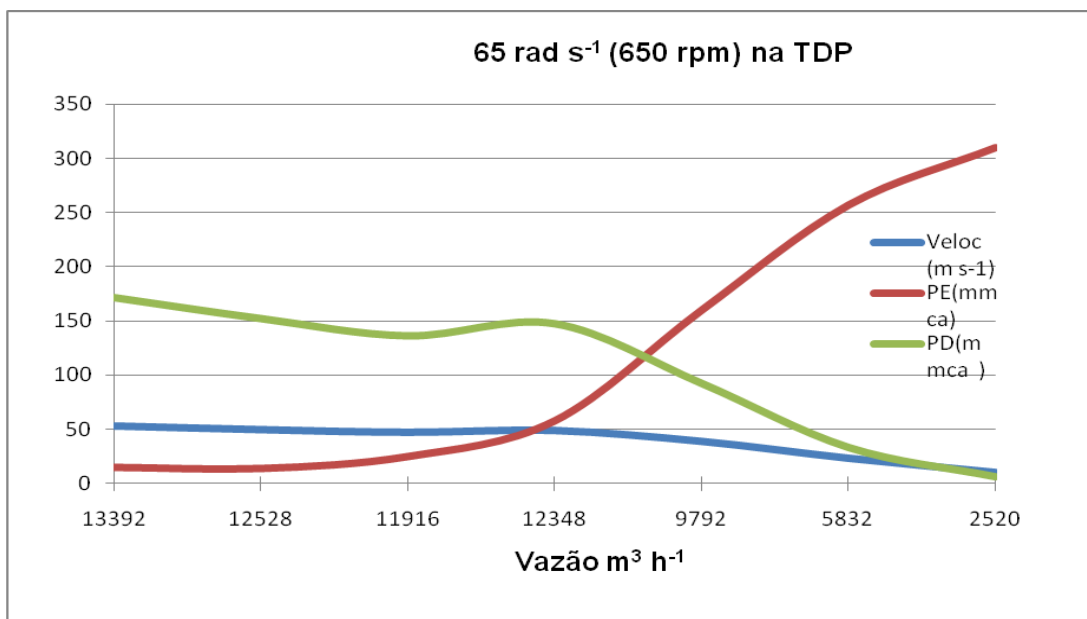


Figura 12 – Velocidade do ar, pressões estáticas e dinâmicas em função da vazão de ar para 68 rad s^{-1} (650 rpm) do eixo cardan.

Nessa rotação de trabalho do eixo cardan do pulverizador as pressões estáticas variaram de 147 Pa para o cone aberto até 2.520 Pa para o cone totalmente fechado, as pressões dinâmicas variaram de 1.676 Pa para o cone aberto até 59 Pa para o cone totalmente fechado. Com esses valores obtiveram-se velocidade máxima de $52,6 \text{ m s}^{-1}$ e vazão máxima de $13.392 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Os dados estão apresentados no Quadro 4 e na Figura 12.

3.2. Potência demandada

O Quadro 5 apresenta os resultados do ensaio para determinação da potência demandada no eixo cardan para o acionamento do ventilador do pulverizador. A potencia máxima exigida para $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm), foi de 18,5 kW.

Utilizando uma rotação maior do eixo cardan, e conseqüentemente maior vazão e velocidade de ar a potência máxima foi de 30,4 kW. O aumento de potência foi de 65% e esse aumento proporcionou um aumento de $41,1 \text{ ms}^{-1}$ para $52,2 \text{ m s}^{-1}$, ou seja, 27% maior.

A Figura 13 apresenta o comportamento da potência exigida pelo eixo cardan em função da vazão de ar para as rotações de $33,5 \text{ rad s}^{-1}$ (320 rpm), $45,0 \text{ rad s}^{-1}$ (430 rpm), $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) e $68,0 \text{ rad s}^{-1}$ (650 rpm).

3.3. Velocidade do ar ao longo do jorro pulverizado

O estudo da velocidade do ar em função da distância do jorro possibilita determinar até que distância, a partir da saída do pulverizador ainda percebe-se a ação do vento produzido pelo ventilador.

Para $33,5 \text{ rad s}^{-1}$ (320 rpm) e $45,0 \text{ rad s}^{-1}$ (430 rpm) a maior distância onde ainda se percebe a ação do vento produzido pelo ventilador foi de 39 e 42 metros, respectivamente. Para $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) e $68,0 \text{ rad s}^{-1}$ (650 rpm) a maior distância foi de 60 metros.

Quadro 5 – Valores de potência demandada na TDP obtidos no ensaio do pulverizador pneumático

Posição do cone	Rotação na TDP rad s^{-1} (RPM)	Velocidade do ar (m s^{-1})	Potência exigida (kW)
1	33,5 (320)	24,9	4,5
2	33,5 (320)	24,7	4,0
3	33,5 (320)	27,3	4,1
4	33,5 (320)	20,4	3,1
5	33,5 (320)	14,6	2,9
6	33,5 (320)	0,0	2,5
1	45,0 (430)	36,7	10,2
2	45,0 (430)	33,9	9,7
3	45,0 (430)	37,3	9,7
4	45,0 (430)	27,5	7,6
5	45,0 (430)	16,6	7,1
6	45,0 (430)	0,0	5,5
1	56,5 (540)	44,4	18,5
2	56,5 (540)	42,3	17,5
3	56,5 (540)	46,3	18,2
4	56,5 (540)	32,7	12,6
5	56,5 (540)	19,9	11,8
6	56,5 (540)	1,5	9,1
1	68,0 (650)	52,1	30,3
2	68,0 (650)	51,9	27,8
3	68,0 (650)	57,2	29,0
4	68,0 (650)	38,5	21,2
5	68,0 (650)	22,9	19,8
6	68,0 (650)	3,3	14,0

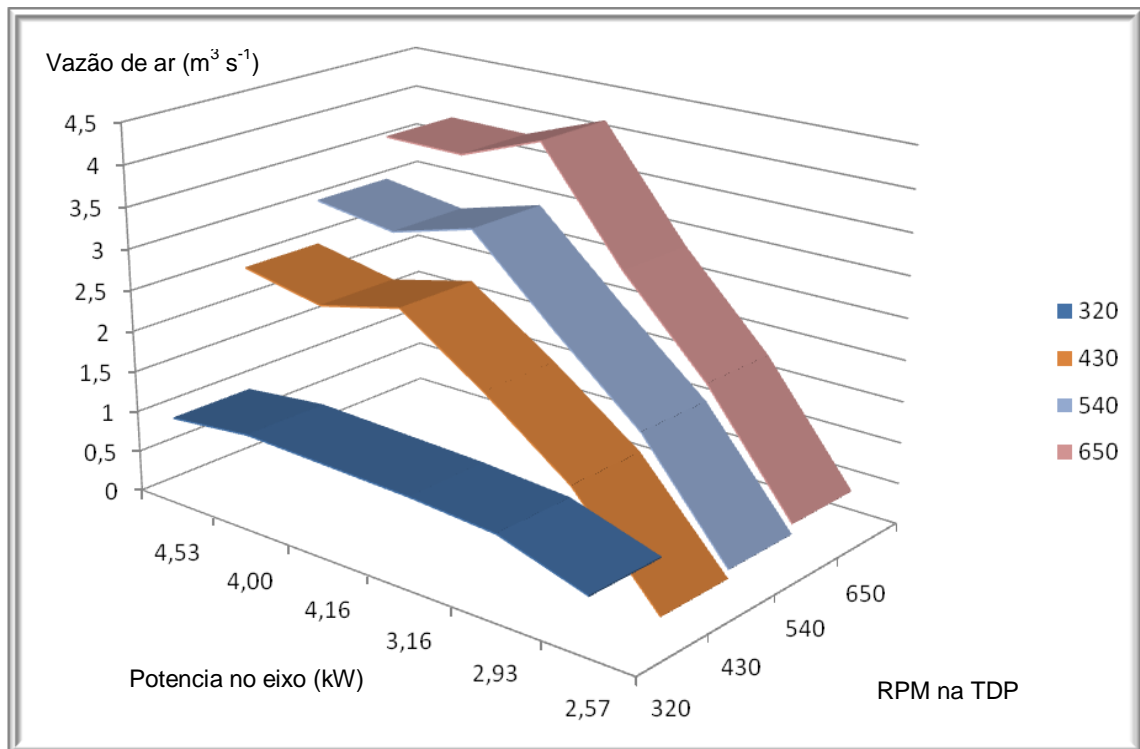


Figura 13 – Curvas da potencia exigida em função da rotação da TDP, vazão de ar e potência no eixo cardan.

Com esses dados podemos afirmar que a utilização de 68 rad s^{-1} (650 rpm) no eixo da TDP não apresentou um ganho na distância alcançada do vento em relação a $56,6 \text{ rad s}^{-1}$, condição padrão para uso de implementos utilizando TDP. Os valores de velocidade do vento em função da rotação do eixo da TDP são apresentados no Quadro 6 e na Figura 14.

A Figura 14 representa o comportamento da queda de velocidade do ar em relação à distância do bocal de saída do ar.

A Figura 15 apresenta o perfil do jato de ar formado a partir do pulverizador. Nesse caso foi determinada a posição em relação à linha central do pulverizador onde ainda é percebida a passagem do vento. O perfil foi determinado até 30 metros de distância do pulverizador, pois a partir desse ponto não é possível caracterizar com precisão a borda do jato de ar. Nessa posição o jato de ar tem 12 metros de largura e apresenta um ângulo médio de 20° em relação ao centro do tubo de saída do pulverizador.

Quadro 6 – Valores médios da velocidade do ar (m s^{-1}) ao longo do jorro proporcionado pelo ventilador

Distância	33,5 rad s^{-1}	45,0 rad s^{-1}	56,6 rad s^{-1}	68,0 rad s^{-1}
3	21,5	28,9	32,0	40,0
6	16,9	17,8	18,3	21,0
9	10,0	11,1	13,4	16,1
12	7,2	8,0	10,9	12,9
15	6,0	7,5	9,4	10,6
18	5,6	6,6	8,3	8,3
21	5,1	5,9	7,1	8,1
24	4,0	4,3	6,7	7,1
27	3,1	4,0	5,4	5,8
30	2,8	3,2	4,0	4,2
33	1,4	2,0	4,3	4,4
36	0,4	1,4	3,2	3,5
39	0,2	0,8	3,2	3,3
42		0,3	2,7	3,0
45			2,7	2,8
48			2,0	2,1
51			1,5	1,7
54			0,8	1,0
57			0,3	0,3
60			0,3	0,3

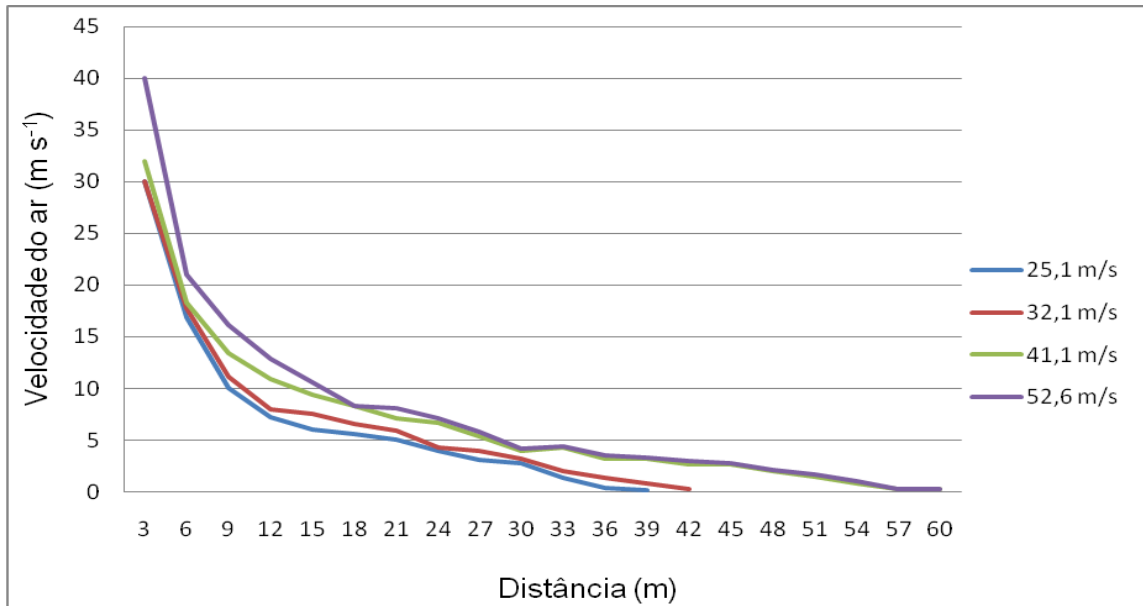


Figura 14 – Valores médios da velocidade do ar (m s^{-1}) em relação à distância alcançada pelo jorro de ar do pulverizador

Considerando a média das árvores adultas de eucalipto, objetivo do uso desse equipamento ser próxima a 24 metros, o jato de ar tem largura de 5 metros, o que caracteriza uma pequena dispersão do jorro de ar e consequentemente da calda a ser aplicada.

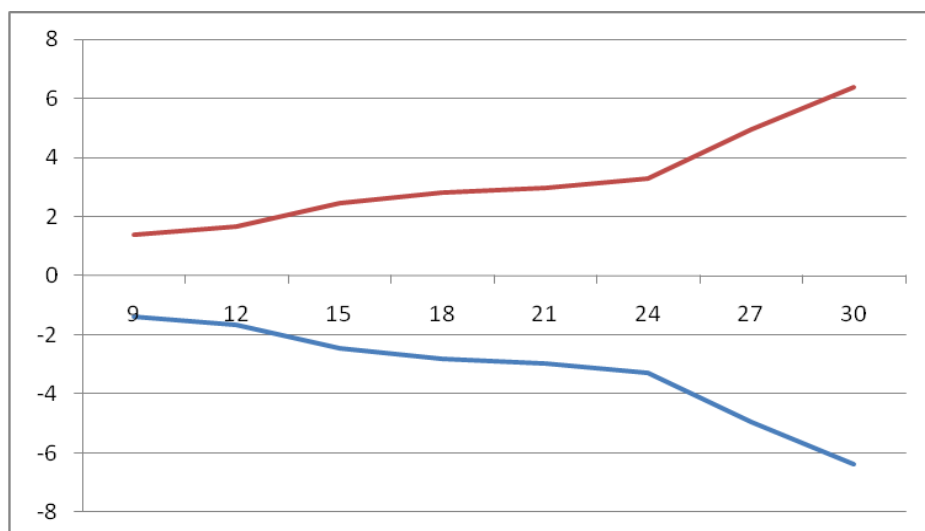


Figura 15 – Representação gráfica do jato de ar na saída do pulverizador.

3.4. Espectro de gotas ao longo do jorro de ar em função da distância, velocidade do ar e vazão de calda

Para a avaliação do espectro de gotas foram estudadas a cobertura da etiqueta, a densidade e o número de gotas por cm^2 . A coleta dos dados foi realizada com etiquetas de papel hidrossensível e foi coletada a partir de 15 metros de distância do pulverizador até a máxima distância alcançada em cada tratamento pelo pulverizador.

O Quadro 7 apresenta a distância máxima obtida para cada velocidade de saída do ar e vazão de água.

Quadro 7 – Distância alcançada pelo pulverizador em função da velocidade de saída do bocal e vazão de calda

Velocidade do ar (m s^{-1})	Vazão de calda (L min^{-1})	Distância alcançada pelo jorro (m)
25,1	12,0	30
25,1	17,9	35
25,1	25,1	35
32,1	12,0	30
32,1	17,9	35
32,1	25,1	45
41,1	12,0	50
41,1	17,9	50
41,1	25,1	60
52,6	12,0	40
52,6	17,9	50
52,6	25,1	60

As Figuras 16 a 19 apresentam as variações do Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV) nas quatro velocidades de saída do ar estudadas.

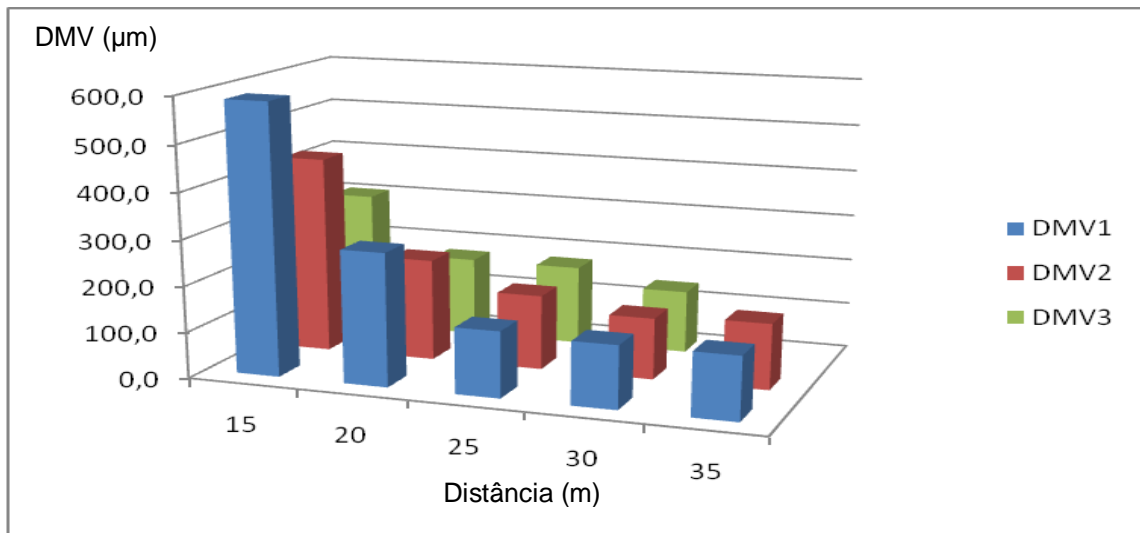


Figura 16 – Valores médios de DMV ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $25,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo DMV1 a vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, DMV2 a $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e DMV3 a vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

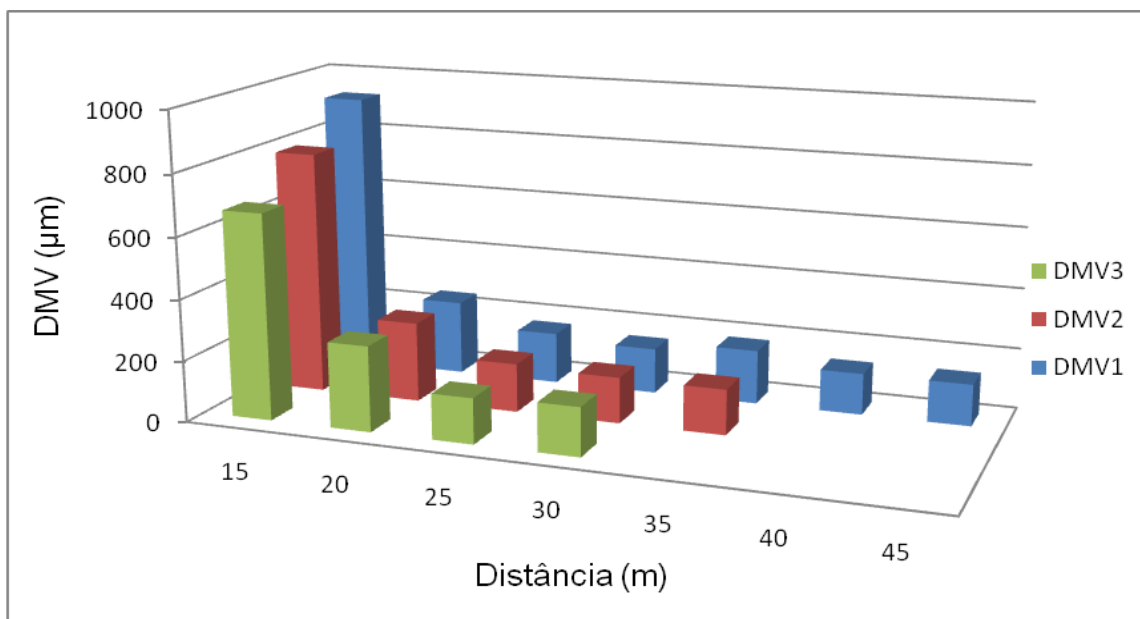


Figura 17 – Valores médios de DMV ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $32,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo DMV1 a vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, DMV2 a $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e DMV3 a vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

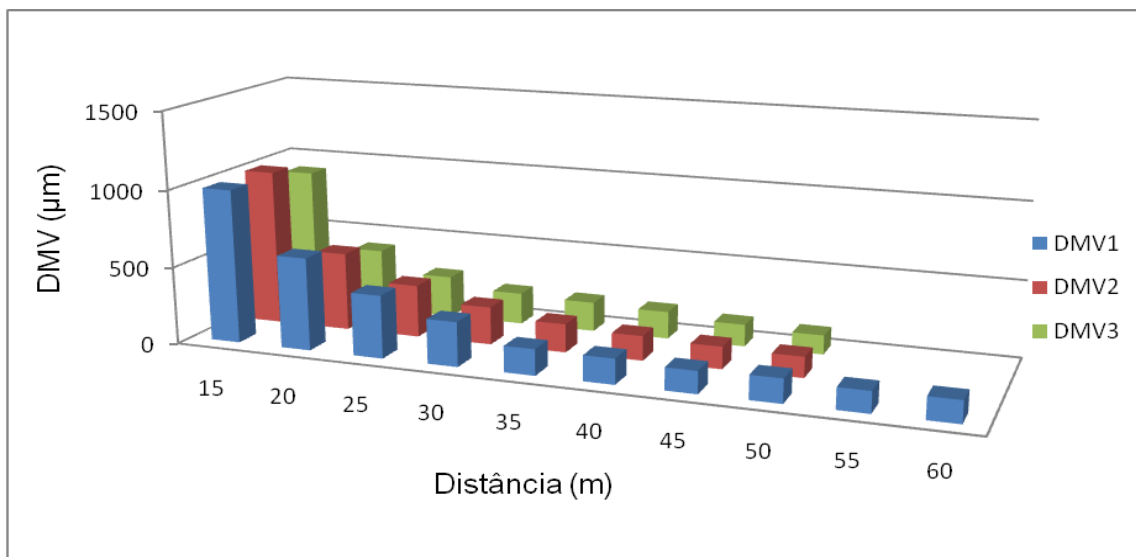


Figura 18 – Valores médios de DMV ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $41,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo DMV1 a vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, DMV2 a $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e DMV3 a vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

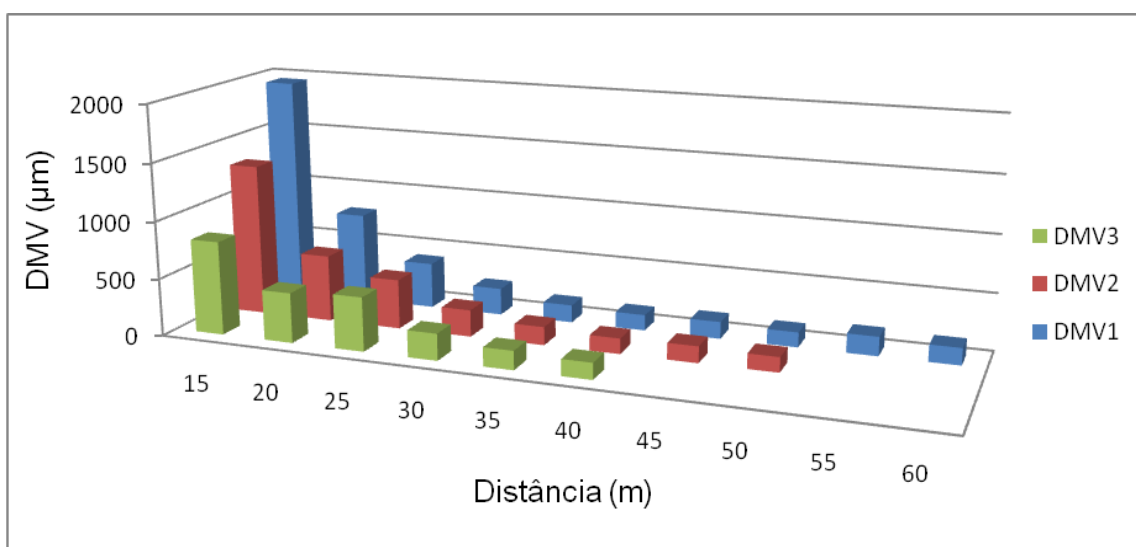


Figura 19 – Valores médios de DMV ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $52,6 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo DMV1 a vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, DMV2 a $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e DMV3 a vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

Como pode ser observado nas Figuras de 16 a 19, à medida que se afasta do pulverizador, o DMV vai diminuindo. Essa diminuição está ligada à evaporação e deriva de gotas pequenas. Gotas inferiores a 150 μm tem grande probabilidade de não atingir o alvo, pelo fato de deriva e evaporação, conforme pode-se observar nos gráficos acima. Devido a esse fato, gotas com diâmetros aproximados a esses, não são recomendadas para aplicação de defensivos agrícolas em geral, principalmente com pulverizadores pneumáticos.

Nas Figuras 17 e 18 podem ser observados que na menor vazão de calda ocorre uma redução drástica do DMV a partir de 40 m de distância do pulverizador.

Os altos valores de DMV nas posições de 15 metros do pulverizador são observados em todos os experimentos, são devidos a proximidade do pulverizador, Nas demais posições o DMV varia próximo a 200 μm em todos os casos.

As Figuras 20 a 23 apresentam os valores obtidos para densidade de gotas por cm^2 nas quatro velocidades de saída de ar estudadas.

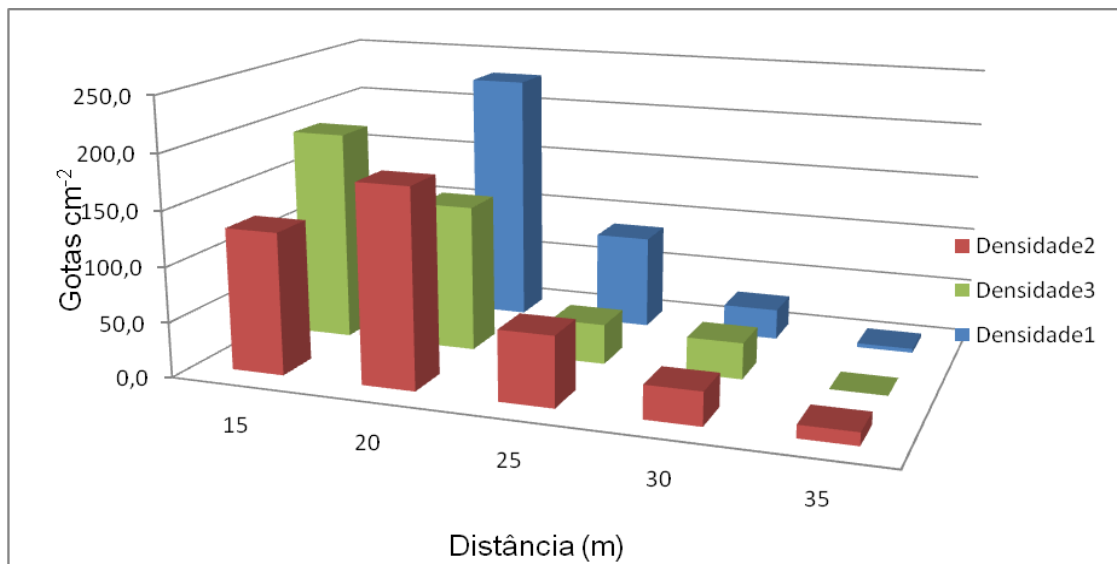


Figura 20 – Valores médios da densidade de gotas em número de gotas por cm^2 ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $25,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo Densidade 1 na vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, Densidade 2 na vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e Densidade 3 na vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

Como pode ser observado na Figura 20, a densidade também diminuiu à medida que se afastou do pulverizador, na mesma vazão de calda. Para as distâncias de 15 a 20 metros, a cobertura foi semelhante para todas as vazões, sendo superiores às demais distâncias. Esse fato é explicado pela proximidade com o pulverizador. À medida que aumenta a distância, além de aumentar deriva e evaporação, as gotas também perdem energia cinética, fazendo com que elas não se depositem no alvo.

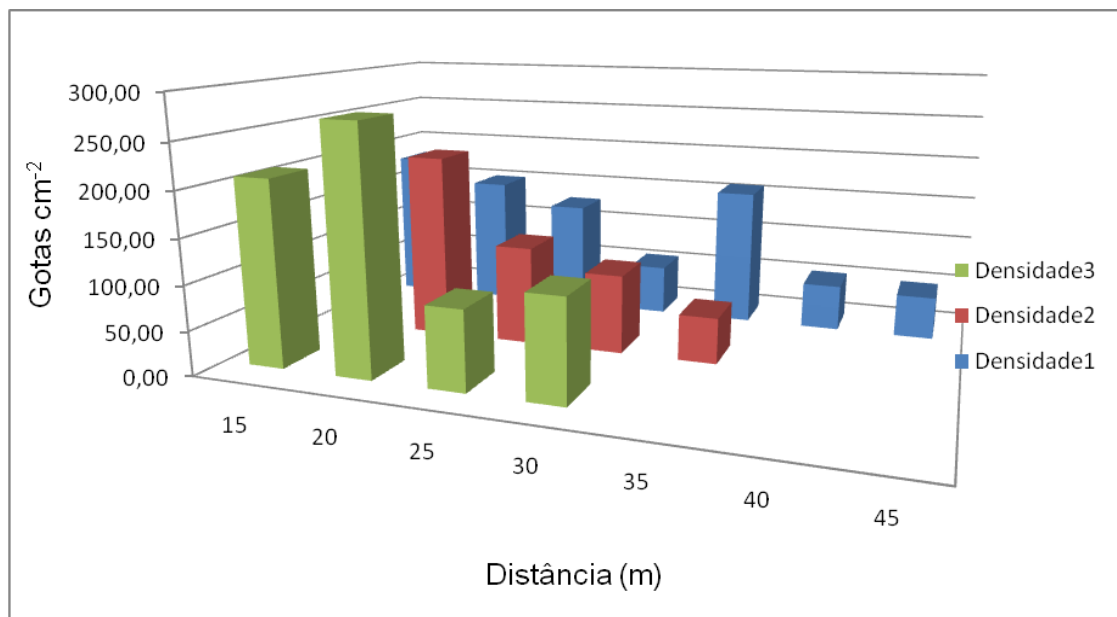


Figura 21 – Valores médios da densidade de gotas em número de gotas por cm^2 ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $32,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo Densidade 1 na vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, Densidade 2 na vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e Densidade 3 na vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

Na velocidade do ar de $32,1 \text{ m s}^{-1}$ ocorreu fato semelhante para as distâncias de 15 e 20 m com a vazão anterior. Porém, quando diminui a vazão de calda para $12,0$ e $17,9 \text{ L min}^{-1}$, não há deposição de gotas a partir de 30 e 35 m respectivamente. Observa-se também um aumento na deposição para a vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$ a partir de 40 m, fato que não ocorre para as demais vazões. Nessa velocidade do ar, a vazão de calda de $25,1 \text{ L min}^{-1}$ apresentou deposição até uma distância de 45 m do pulverizador. Tal resultado pode ser

explicado pelo fato de que nesse tipo de pulverizador, com o aumento da vazão de calda, ocorre um aumento no tamanho de gotas, o que conseqüentemente permite que essa gota atinja maiores distâncias pelo fato de estarem menos sujeitas à evaporação e deriva.

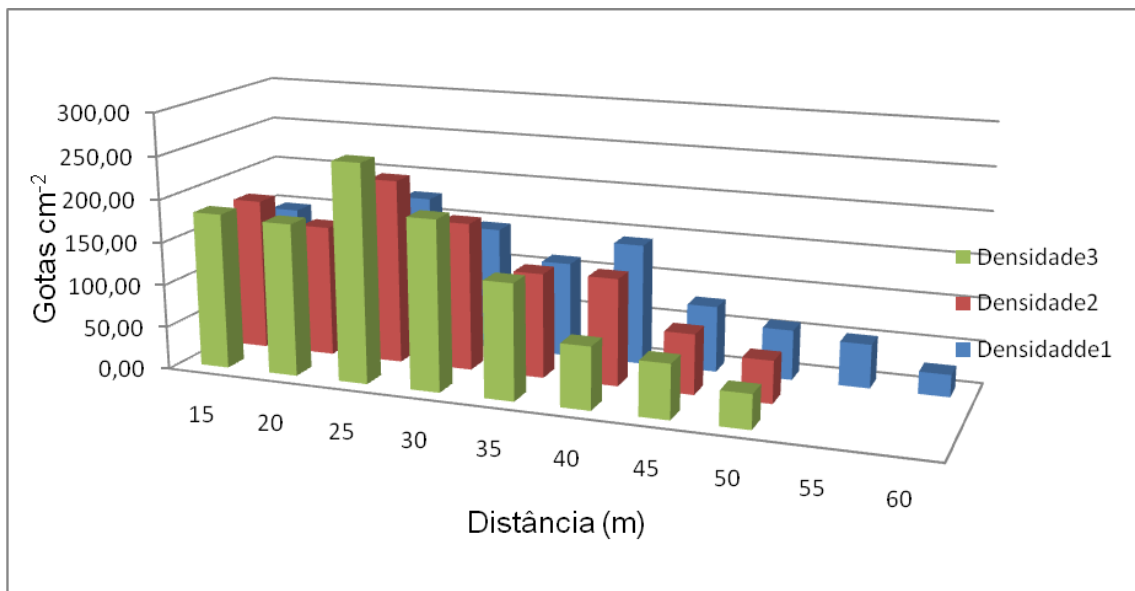


Figura 22 – Valores médios da densidade de gotas em número de gotas por cm^2 ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $41,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo Densidade1 na vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, Densidade 2 na vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e Densidade 3 na vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

A velocidade do ar de $41,1 \text{ m s}^{-1}$ apresentou densidade de gotas semelhantes até distância de 50 m do pulverizador. A partir de 50 m de distância, somente a maior vazão de calda proporcionou deposição de gotas, chegando a uma distância máxima de 60 m do pulverizador. A menor vazão de calda, apesar de apresentar distância máxima de deposição de 50 m, a 25 m do pulverizador apresentou a maior deposição de gotas, próximo de 200 gotas cm^{-2} . Esse resultado se deve ao fato de que em distâncias próximas ao pulverizador, a turbulência do fluxo de ar auxilia na deposição de gotas. Como na pulverização pneumática o uso de menores vazões resulta em gotas menores, e essas gotas são mais influenciadas pelo fluxo de ar em distâncias

próximas ao pulverizador. Outro fato que deve ser ressaltado é que as plantas de eucalipto usadas no experimento não ultrapassaram os 25 m de altura.

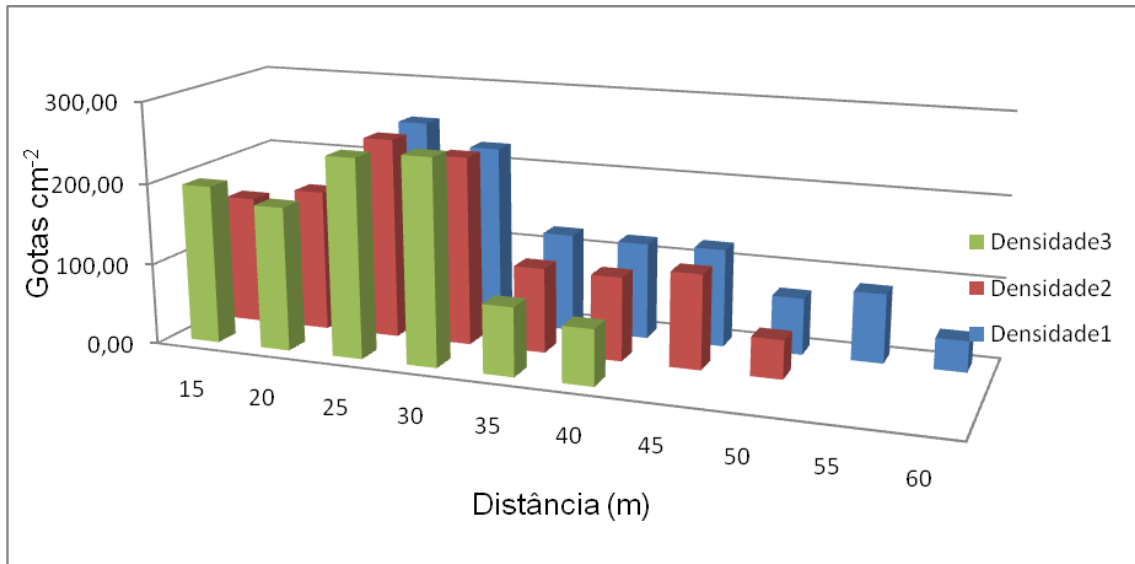


Figura 23 – Valores médios da densidade de gotas em número de gotas por cm^2 ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $52,6 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo Densidade 1 na vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, Densidade 2 na vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e Densidade 3 na vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

Para a velocidade do ar de $52,6 \text{ m s}^{-1}$ a distância máxima de deposição para as vazões de calda de $25,12$; $17,9$ e $12,0 \text{ min}^{-1}$ foram respectivamente 60 , 50 e 40 m de distância do pulverizador. Observa-se que na menor vazão de calda, onde consequentemente ocorre o menor tamanho de gota, a distância máxima foi de 40 m , e esse resultado pode ser explicado pelo fato de que as gotas menores sofrem mais deriva e evaporação se comparadas às gotas maiores. Para essa velocidade do fluxo de ar, houve um comportamento semelhante para as três vazões de calda nas distâncias de 25 e 30 m , que são as alturas das plantas usadas nesse experimento. No caso de alturas superiores a essas, não se recomenda essa velocidade do ar, porque como pode ser observado no gráfico, acima dessas distâncias a densidade de gotas

cai drasticamente, em função da evaporação em função da velocidade de fluxo de ar.

Barthelemy et al. (1990) descreve como eficiente para a aplicação de inseticidas, uma população de gotas de 20 a 30 gotas por cm^2 , percebe-se que em todos casos a densidade de gotas foram superiores a esse valor em todos as distâncias observadas.

As Figuras 24 a 27 apresentam os resultados da porcentagem de cobertura para as quatro velocidades de saída do ar e as três vazões de calda estudadas.

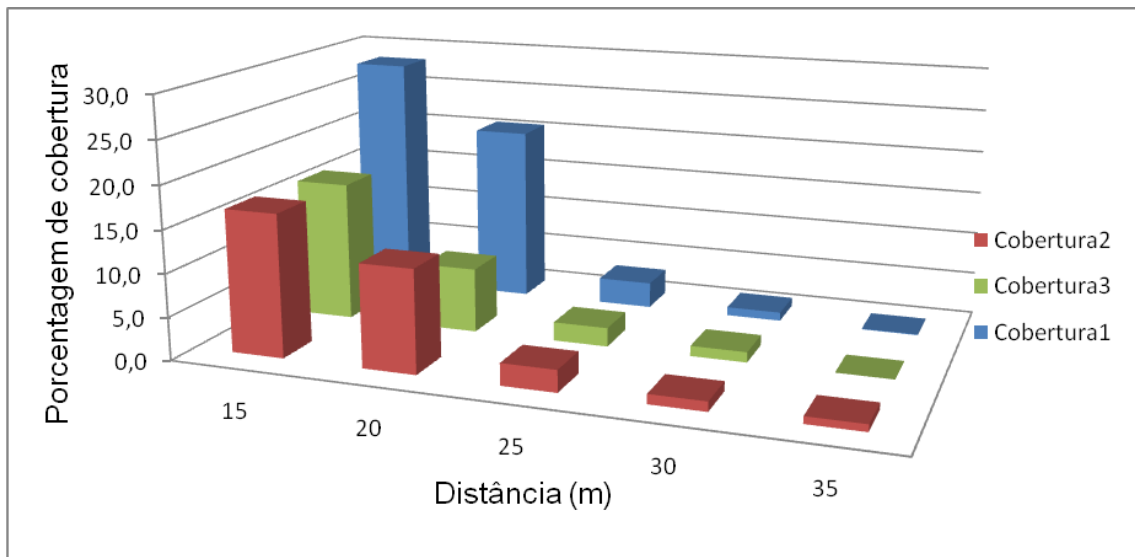


Figura 24 – Valores médios da porcentagem de cobertura ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $25,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo Cobertura 1 na vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, Cobertura 2 na vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e Cobertura 3 na vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

A cobertura da pulverização na velocidade do ar de $25,1 \text{ m s}^{-1}$ foi superior para a vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, nas distâncias de 15 e 20 m do pulverizador. Esse resultado é explicado baseado no fato de que a menor vazão de ar juntamente com a maior vazão de calda, forma gotas grande e essas gotas mais pesadas são depositadas próximo do pulverizador. As

vazões de calda de 17,9 e 12,0 L min⁻¹ também tiveram cobertura semelhantes nas distâncias de 15 e 20 m, portanto bem inferior à vazão de 25,1 L min⁻¹. De 25 a 35 m de distância a cobertura diminuiu para todas as vazões de calda.

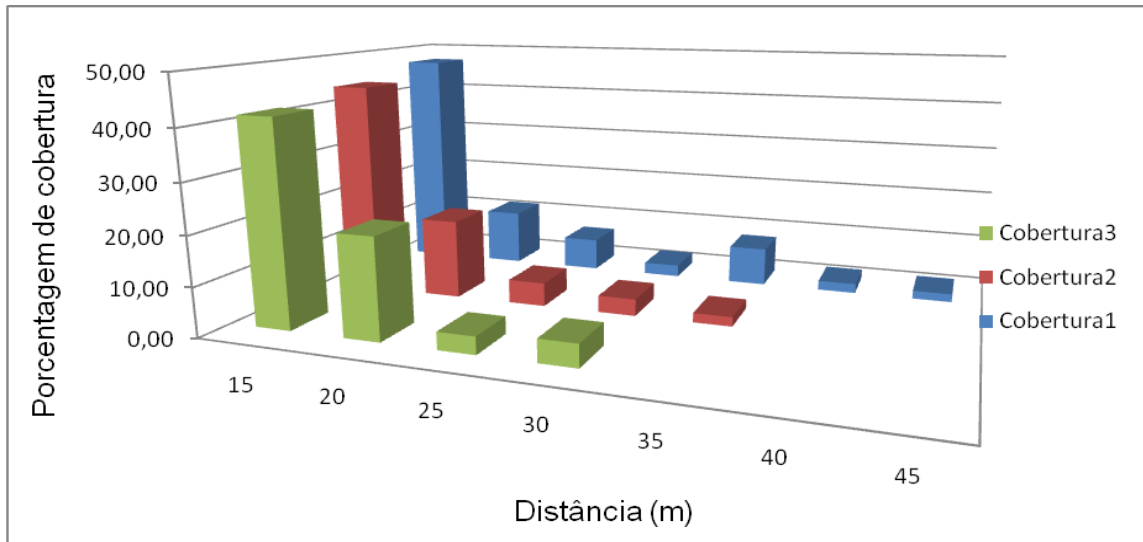


Figura 25 – Valores médios da porcentagem de cobertura ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de 32,1 m s⁻¹ na saída do bocal do pulverizador, sendo Cobertura 1 na vazão de 25,1 L min⁻¹, Cobertura 2 na vazão de 17,9 L min⁻¹ e Cobertura 3 na vazão de 12,0 L min⁻¹.

Na velocidade do ar de 32,1 m s⁻¹ a cobertura foi semelhante para as três vazões de calda na distância de 15 metros do pulverizador. Na distância de 20 metros as coberturas foram decaindo da menor para a maior vazão. Na distância de 20 metros o fato da cobertura da menor vazão ser superior às demais, é explicado pelo fato de que menor volume de calda proporciona um maior número de gotas menores. Tal resultado pode ser verificado em Courshee (1967).

Nota-se que com o aumento da velocidade do ar, a vazão de calda de 32,1 m min proporciona cobertura nas distâncias de 40 e 45 m.

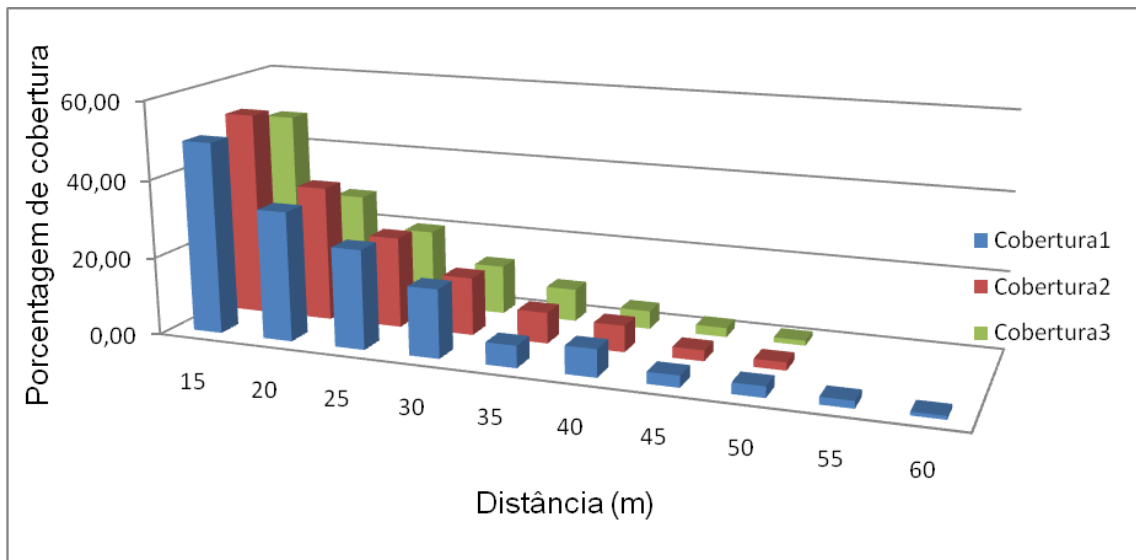


Figura 26 – Valores médios da porcentagem de cobertura ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $41,1 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo Cobertura 1 na vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, Cobertura 2 na vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e Cobertura 3 na vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

Nessa velocidade do ar as coberturas foram decrescendo de forma semelhante para todas as vazões desde a distância de 15 m até 50 m. A única vazão de calda que proporcionou vazão superior a 50 m foi a vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, chegando a proporcionar cobertura até uma distância de 60 m. Ressalta-se que em coberturas elevadas, ocorre o risco de escorrimento da calda para o solo, aumentando a ineficiência da pulverização e consequentemente a ineficácia de controle. Como as plantas usadas no experimento possuíam altura de até 25 m, nota-se que as três vazões de calda são adequadas para essa velocidade de ar. Portanto não se recomenda a maior vazão devido à diminuição da capacidade operacional do conjunto trator-pulverizador.

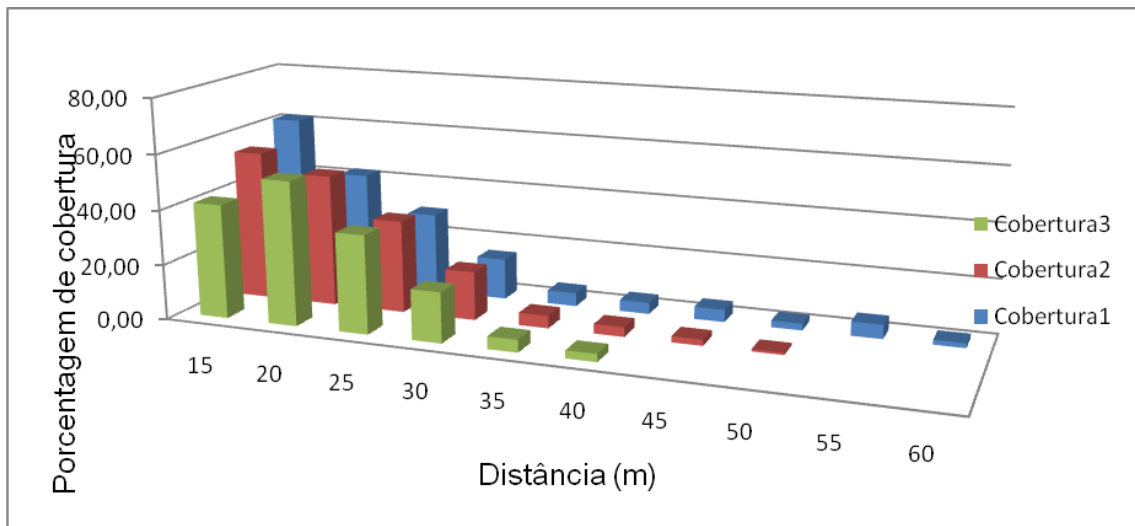


Figura 27 – Valores médios da porcentagem de cobertura ao longo da distância do jato de ar, considerando-se a velocidade de $52,6 \text{ m s}^{-1}$ na saída do bocal do pulverizador, sendo Cobertura 1 na vazão de $25,1 \text{ L min}^{-1}$, Cobertura 2 na vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ e Cobertura 3 na vazão de $12,0 \text{ L min}^{-1}$.

Na velocidade do ar de $52,6 \text{ m s}^{-1}$ a cobertura teve o mesmo comportamento da velocidade anterior até a distância de 30 m. De 35 a 60 m somente a maior vazão de calda proporcionou cobertura, e a vazão de $17,9 \text{ L min}^{-1}$ proporcionou cobertura até 50 m. A menor vazão de calda relacionada com a maior velocidade do ar, proporcionou menor cobertura se comparadas às demais vazões, podendo ser explicada pela evaporação de gotas pequenas.

Observa-se que para a velocidade de ar de $25,1 \text{ m s}^{-1}$ em todos os volumes de calda aplicados, a partir de 25 metros de distância a cobertura é inferior a 3%. Esse valor se repete para a velocidade de $32,1 \text{ m s}^{-1}$ a partir de 30 metros do pulverizador. Para as velocidades de $41,1$ e $52,6 \text{ m s}^{-1}$ esses valores ocorrem a partir de 45 metros de distância do pulverizador.

Rodrigues (2005) estudou os parâmetros de gotas e relacionou com a aplicação de inseticida e sua eficiência. Dos parâmetros estudados encontrou correlação entre o DMV e a densidade de gotas e a mortalidade de pragas. O autor descreve ainda que a mortalidade aceita é acima de 90%. Com base nesse modelo descrito, o Quadro 8 relaciona a distância máxima do pulverizador onde, com base no DMV e na densidade de gotas obtidas, a

mortalidade é acima de 90%. Definindo assim a distância máxima eficaz de aplicação do pulverizador.

Quadro 8 – Distância máxima baseada no modelo onde ocorre mortalidade de 90% dos insetos em função do DMV e densidade (D), segundo a equação $E = 57,56327 + 0,17112D + 0,01759DMV$

Velocidade do ar (m s ⁻¹)	Vazão de calda (L min ⁻¹)	Distância (m)
25,1	12,0	15
25,1	17,9	20
25,1	25,1	20
32,1	12,0	20
32,1	17,9	20
32,1	25,1	20
41,1	12,0	30
41,1	17,9	30
41,1	25,1	30
52,6	12,0	30
52,6	17,9	30
52,6	25,1	30

Os valores da tabela acima são para inseticida sistêmico, utilizado no caso do eucalipto, onde a forma de combate é pela ingestão do produto pela praga. Valores menores de gotas cm⁻², DMV e porcentagem de cobertura podem ser eficientes, aumentando assim a distância de alcance do pulverizador.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, chegou-se às seguintes conclusões:

- O aumento da rotação do eixo de $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) para 68 rad s^{-1} (650 rpm) proporcionou um aumento de 28% na velocidade do ar e 38% na potência necessária para o acionamento do pulverizador.
- A diminuição da vazão de calda reduz o alcance máximo do pulverizados.
- A diminuição da vazão de calda proporciona uma diminuição dos valores de DMV, porcentagem de cobertura e densidade de gotas numa mesma distância do pulverizador.
- Para os parâmetros estudados, a vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtida utilizando $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ na TDP, é indicada para pulverizações de até 30 metros de distância do pulverizador.
- O pulverizador utilizado se mostra eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto.

5. BIBLIOGRAFIA

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

COURSHEE, R.J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D.C. (Ed.). **Fungicides: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239-286.

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: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, v. 20, p. 333-343, 2001.

HARDI. **Técnicas de atomização**. Dinamarca: Hartvig Jensen, 1993.

JACTO. **Manual de pulverizador Jatão 600 Export**. Pompéia: Máquinas Agrícolas Jacto, 2002. 34 p.

MAGDALENA, J.C. **Efecto de la utilización de pulverizadores de flujo transversal e hidroneumático tradicional sobre la calidad de los tratamientos fitosanitarios en manzanos (*Malus domestica*, Borkh)**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Espanha.

MESQUITA, A.L.S.; GUIMARÃES, F.A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo: Convênio Cetesb/Ascetesb, 1985. 442 p.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.M.; RUIZ, J.L.; HERNANZY, F.J. **Las máquinas agrícolas y su aplicaciones**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 492 p.

RAETANO, C.G.; SCUDELER, F.; BAUER, F.C.; VENEGAS, F.; VINCHI, R.R. Avaliação da cobertura de pulverização com diferentes equipamentos e condições operacionais na cultura do café. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2, 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônômico, Centro de Mecanização e Automação Agrícola, 2001. 6 p.

REICHARD, D.; RETZER, H.; LILJELDAHL, L.; HALL, R. Spray droplet size distributions delivered by air blast orchard sprayers. **Transactions of the ASAE**, v. 20, n. 2, p. 232-237, 1977.

RICHEY, C.B.; JACOBSON, P.; HALL, C.A. Economics of farm machinery. In: _____. **Agricultural engineers' handbook**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1961. Chapter 1, p. 1-17.

RODRIGUES, G.J. **Critérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RUAS, R.A.A.; CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M. Avaliação da uniformidade de distribuição de líquido e determinação da faixa de aplicação de um pulverizador pneumático tipo canhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2003.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, 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.

ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA DA DEPOSIÇÃO DE LÍQUIDO EM PLANTAS DE EUCALIPTO USANDO PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido no município de Belo Oriente, MG, no campo de reflorestamento de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*) da CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira - com o objetivo de determinar, através da espectrofotometria, a deposição de calda no dossel de eucaliptos adultos, após a pulverização dos mesmos utilizando-se de pulverizador pneumático adaptado para direcionar seu jato de ar verticalmente à alturas superiores a 20 metros. O pulverizador foi abastecido com calda constituída de água e corante alimentício Azul Brilhante e as folhas eram colhidas com auxílio de Feller Buncher. Nas condições em que os experimentos foram conduzidos, observou-se que o pulverizador utilizado se mostra eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de produtos fitossanitários em eucalipto é hoje, muito menos estudada que a aplicação em pastagens e culturas anuais ou de porte baixo. Porém não menos importante, uma vez que no país cresce muito as áreas de reflorestamento. O Brasil está atingindo o posto de maior produtor de celulose do mundo.

O ataque de lagartas desfolhadoras é considerado grande fonte de prejuízo nas lavouras de eucalipto. Segundo Oda e Berti Filho (1981), as perdas decorrentes do desfolhamento por lagartas de *Trypintea arnobia* em eucalipto, com 2,5 e 3,5 anos de idade, foram de 40% para 100% de desfolhamento e de 13% para 50% de desfolhamento, apenas no ano seguinte à desfolha, em termos de ganho volumétrico de madeira.

À medida que as plantas são mais altas, aumenta também a dificuldade de se avaliar a eficiência da aplicação de produtos. É o caso do eucalipto, uma vez que, tendo a copa das plantas muitas vezes a alturas acima de 20 metros e tendo seu plantio adensado, as práticas mais comuns de avaliação de deposição de produtos fitossanitários como a utilização de etiquetas hidrossensíveis são dificultadas e às vezes impossibilitadas devido as características das árvores.

A espectrofotometria baseia-se na determinação da absorção de radiação eletromagnética de ondas com o comprimento entre 160 e 3.000 nm. Essas medidas são baseadas na transmitância (T) ou absorbância (A). São

termos que representam, de modo geral, a quantidade de luz transmitida ou absorvida por uma amostra, segundo Skoog et al. (2002) e Gonçalves (1996). Sendo uma opção para a determinação da deposição de gotas no eucalipto.

O espectrofotômetro de absorção é um equipamento muito importante nas análises quantitativas de deposição de calda em pulverização e em várias outras áreas da ciência como relatam Skoog et al. (2002).

Hayden et al. (1990, citado por PALADINI, 2000) compararam em duas condições de alvo natural, dois corantes alimentícios solúveis em água classificados pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C n.º 6 e FD&C n.º 1, com leituras de comprimento de ondas nas faixas distintas de 482 e 630 nm, respectivamente e concluíram que foram precisos e baratos para pesquisa de depósito em plantas.

Grande parte dos trabalhos na avaliação de deposição de líquidos em aplicação com pulverizador tem utilizado como traçador o composto corante alimentício Azul Brilhante catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C n.º 1. Cunha (2003) cita a concentração de 1.500 mg L⁻¹ para aplicação de 125 L ha⁻¹ e de 750 mg L⁻¹ para dosagem de 250 L ha⁻¹, e quantificação da coloração por espectrofotômetro de absorbância em 630 nm.

Os traçadores devem possuir características como: ser altamente sensíveis nas detecções, ser solúvel quando misturados a calda, ser possível análises quantitativas com rapidez, não alterar significativamente as características físicas da calda de pulverização e na evaporação das gotas, ser atóxico, estável e com custos moderados (YATES et al., 1966).

Vários fatores influenciam na boa aplicação e distribuição de defensivos agrícolas na planta, segundo Scudeler et al. (2004) e Raetano et al. (2001). Esses autores relatam que em uma aplicação de produtos fitossanitários, a deposição e a distribuição da calda sobre a planta dependem de fatores como: tamanho da planta, densidade da copa, deriva, tamanho de gotas, volume de água, forma e volume da planta, velocidade de deslocamento do pulverizador, vento e tipo de equipamento.

A determinação do volume de pulverização para culturas arbóreas pode ser feito com base no volume de vegetação da planta TRV (*Tree Row Volume*), que consiste em um volume predeterminado em função do volume de vegetação existente em um hectare, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Índices de volumes recomendados para diferentes volumes de pulverização

Volume de pulverização	Índice de volume (L 1.000 ⁻¹ m ⁻³ vegetação)
Muito alto	120
Alto	100
Médio	70
Baixo	50
Muito baixo	30
Ultra baixo	10

O uso de espectrofotometria apresenta-se como uma boa opção para avaliar a de deposição de calda em eucalipto adulto, desde que seja possível recolher algumas folhas pulverizadas.

Este trabalho visa avaliar a deposição de calda em folhas de eucalipto adulto utilizando um pulverizador pneumático para aplicação de produtos fitossanitários com ênfase na aplicação de *Bacillus thuringiensis* no combate a lagartas desfolhadoras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos no município de Belo Oriente, MG, no campo de reflorestamento de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*) da CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. O talhão no qual as árvores foram ensaiadas possui uma área de 43,16 ha, plantado com o clone tipo 111C89, com idade de 6,3 anos.

Utilizou-se um trator New Holland, modelo TL85E e um pulverizador pneumático, marca Jacto. Este pulverizador permitia alcançar alturas superiores a 20 metros durante a aplicação de produtos fitossanitários em plantações de eucaliptos adultos. O pulverizador era abastecido com calda constituída de água e corante alimentício Azul Brilhante, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C n.º 1, em uma concentração de 2 g L⁻¹ de água.

2.1. Avaliação da uniformidade de distribuição da calda

O índice volumétrico é uma referência utilizada para a pulverização em culturas arbóreas, consiste em determinar o volume das copas das árvores e utilizar um determinado volume de calda em função do volume de copa.

Determinou-se a velocidade de deslocamento do trator nas três primeiras marchas e a vazão de calda utilizando-se trena, vasilha graduada e cronômetro.

Para a determinação do TRV (*Tree Row Volume*), método que determina o volume de copa por hectare em função do diâmetro e comprimento da copa de cada árvore e da distância entrelinhas da cultura, foi necessário medir as copas das árvores (equação 1).

$$TRV = \frac{H.L.10000}{D} \quad (1)$$

em que *TRV* é o volume dos dosséis das plantas por área, m³ ha⁻¹; *H*, altura do dossel (m); *L*, largura do dossel (m); e *D*, distância entre linhas de plantio (m).

Baseado no volume de aplicação e no TRV, determinou-se o índice de aplicação. Neste trabalho foram utilizados:

- 27,0 L 1.000m⁻³ de copa;
- 20,3 L 1.000m⁻³ de copa;
- 12,8 L 1.000m⁻³ de copa.

Uma árvore de cada tratamento e de cada repetição foi cortada pelo Feller Buncher e conduzida suavemente até próximo ao solo pelo mesmo.

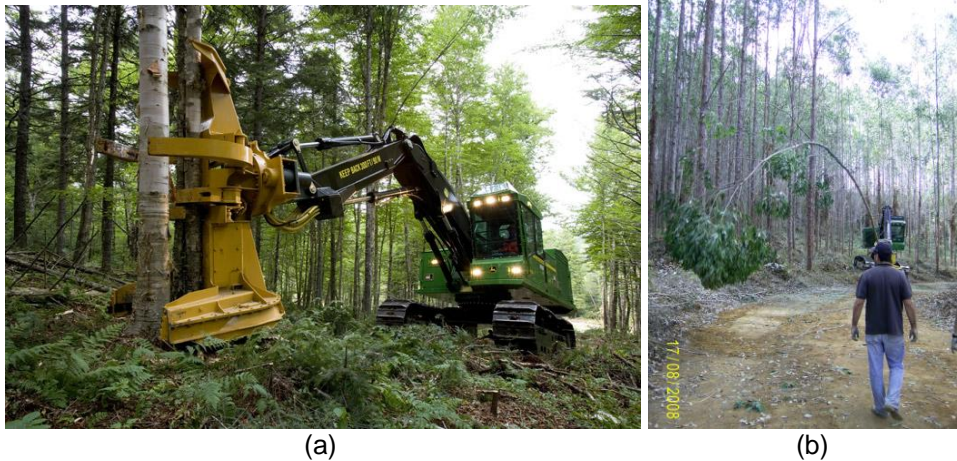


Figura 1 – Feller Buncher cortando (a) e conduzindo a árvore próxima ao solo (b).

Para análise laboratorial foram recolhidas três folhas posicionadas nos dosséis dos eucaliptos em três alturas diferenciadas (terço inferior, médio e superior do dossel) e três posições em relação à copa (frente, lateral e oposta à pulverização), retirando-se uma folha para cada posição no dossel.

Após a coleta, as folhas foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenados em recipiente escuro para posterior análise laboratorial.

Após a coleta das folhas, as árvores eram colocadas no chão e determinados os comprimentos totais das árvores, assim como alturas e diâmetros das copas.

2.2. Calibração do espectrofotômetro

Para obter a curva de calibração do espectrofotômetro da solução utilizada, criam-se soluções padrão em várias concentrações conhecidas (mg L^{-1}) do traçador, utilizando uma amostra da calda aplicada no campo. Foi utilizado um Espectrofotômetro modelo SP 1105 (Figura 2).



Figura 2 – Espectrofotômetro, modelo SP 11 05.

Partiu-se da amostra de 2 gramas de corante Azul Brilhante por litro de água e obteve-se o valor da absorbância determinado pelo espectrofotômetro para várias concentrações dessa amostra, elaborando-se um gráfico da

absorbância versus concentração de corante dessa amostra e a equação de calibração do aparelho para o traçador utilizado, segundo descreve Skoog et al. (2002) e Ewing (1996).

2.3. Determinação da deposição de calda na folha

As folhas que, após pulverizadas, recolhidas e armazenadas, foram lavadas, adicionando 50 ml de água destilada dentro do saco plástico onde estavam e agitado, para a retirada da calda depositada na superfície da folha. Parte dessa solução foi retirada e fez-se a leitura da absorbância.

Interpolando os valores da leitura aos dados da curva de calibração, determinou-se a concentração do traçador existente na amostra e desse valor o volume de calda presente na folha.

2.4. Determinação da área foliar

Para a determinação da área foliar, após a lavagem das folhas e retirada do produto, as mesmas foram fotografadas utilizando-se uma máquina fotográfica Sony, modelo Syber – shot T10 com uma resolução de 7.2 Mp. As imagens foram analisadas com o auxílio do software IMAGE TOOL, versão 3.0, determinando-se a sua área. Com base nessas informações, determinou-se a quantidade de produto na folha, segundo Skoog et al. (2002), Ewing (1996), Gonçalves (1996) e Cunha (2003).

2.5. Determinação da deposição de calda por área foliar

Partindo dos valores de calda depositado nas folhas e da área foliar, determina-se a concentração de calda por área ($\mu\text{L cm}^{-2}$).

2.6. Delineamento experimental

Os experimentos foram montados segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os volumes de aplicação, nas subparcelas

as alturas e nas subsubparcelas as posições, em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Os dados foram analisados por meio de Análise de Variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey, adotando seu nível de 5% de probabilidade. Os índices volumétricos utilizados foram 27,0 L 1.000 m⁻³ de copa (Índice 1); 20,2 L 1.000 m⁻³ de copa (Índice 2) e 12,8 L 1.000 m⁻³ de copa (Índice 3). Um experimento utilizou a vazão de ar de 11.300 m³ h⁻¹ obtida utilizando 540 rpm no eixo da tomada de potência (vazão de ar 1) e o outro a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ utilizando 650 rpm no eixo da tomada de potência (vazão de ar 2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da área experimental

No Quadro 1, observa-se as dimensões médias das árvores utilizadas no experimento à campo, sendo as mesmas clones tipo 111C89, com idade de 6,3 anos.

Quadro 1 – Dimensões características das árvores estudadas

Dimensões (m)	Menor	Maior	Média
Altura total da árvore	21,1	27,5	23,6
Altura da copa	6,3	12,5	9,1
Diâmetro da copa	2,0	4,5	3,4
TRV (m ³ ha ⁻¹)	53.300	150.000	102.228

O Quadro 2 apresenta as velocidades de trabalho e os volumes de pulverização utilizados.

Quadro 2 – Valores de velocidade e volume de aplicação utilizados nos experimentos

Velocidade 1	0,46 m s ⁻¹
Velocidade 2	0,66 m s ⁻¹
Velocidade 3	0,96 m s ⁻¹
Volume de aplicação 1	2.754 L ha ⁻¹
Volume de aplicação 2	2.060 L ha ⁻¹
Volume de aplicação 3	1.305 L ha ⁻¹

3.2. Deposição de calda no dossel da planta

A calda aplicada para a avaliação da deposição de calda em folhas de eucalipto teve a adição do traçador Azul Brilhante (FD&C Blue n.º 1) numa concentração de 2 gramas do traçador por litro de água. Com parte dessa calda foram feitas diluições com concentrações conhecidas e com estas foram feitas leituras de absorvância no espectrofotômetro e determinada a curva de calibração (Figura 3) para a concentração de corante utilizada, obtendo-se a equação (2):

$$Y = 0,003304x + 1,38E-05 \quad (2)$$

em que x é a leitura da absorvância no espectrofotômetro (nm); e y , concentração na solução (%).

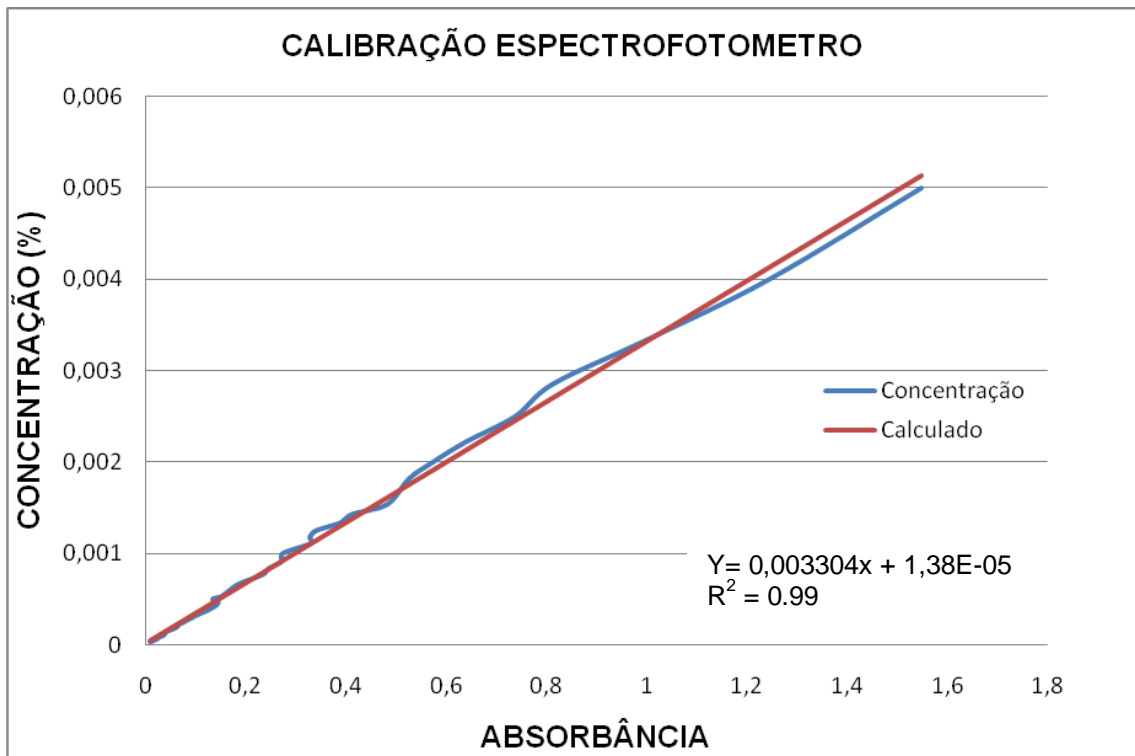


Figura 3 – Curva de calibração do espectrofotômetro.

3.2.1. Avaliação da deposição da calda na planta à vazão de ar de 11.300 m³h⁻¹ (56,6 rad s⁻¹ - 540 rpm da TDP): experimento 1

A deposição de calda foi avaliada aplicando três volumes de calda por hectare, avaliando três alturas da copa: terço inferior, terço médio e terço superior. Para cada altura foram colhidas folhas em três posições na copa, uma frontal, uma lateral e uma posterior em relação à posição do pulverizador.

O fator altura influenciou na quantidade de deposição de calda nas folhas. Observa-se que nenhuma das interações foi significativa, o mesmo resultado foi encontrado para os fatores volume de aplicação de calda e posição da folha na copa. O Quadro 3 apresenta as médias da deposição de calda.

Quadro 3 – Valores médios de deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para os índices de volumes ($V1 = 27 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa; $V2 = 20,2 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa; e $V3 = 12,8 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	3,52	1,84	1,66
	P2	2,84	1,27	1,46
	P3	3,09	1,89	1,23
V2	P1	3,51	2,98	2,66
	P2	3,06	3,79	2,29
	P3	3,80	3,38	2,03
V3	P1	1,93	1,47	3,48
	P2	2,67	3,47	1,53
	P3	3,59	1,88	1,60

O Quadro 4 apresenta a análise da variância dos volumes de líquidos retidos nas folhas de eucalipto de acordo com o volume de aplicação de calda, altura da folha na copa e posição da folha na copa.

Os maiores valores de deposição foram encontrados no terço inferior da copa e os valores não foram estatisticamente diferentes do terço médio pelo teste de Tukey a 5%. Os menores valores foram encontrados no terço superior da copa, porém esses não diferenciaram estatisticamente do terço médio pelo teste de Tukey a 5%.

O Quadro 5 apresenta os valores médios do volume de calda por unidade de área foliar.

Quadro 4 – Análise de variância do volume de líquido retido nas folhas de eucalipto em função do volume aplicado, altura da folha na copa e sua posição

FV	GL	QM
Bloco	2	8.476038 ^{NS}
Volume	2	6.568256 ^{NS}
Erro(A)	4	52.73457
Posição	2	0.03987186 ^{NS}
Posição*Volume	4	0.3318221 ^{NS}
Erro(B)	12	0.6614451
Altura	2	8.565197*
Altura*Volume	4	1.745509 ^{NS}
Posição*Altura	4	2.384032 ^{NS}
Posição*Altura*Volume	8	1.420777 ^{NS}
Resíduo	48	2.128243

Coeficiente de variação da subparcela (Altura)= 57.9%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 5 – Média dos volumes depositados por área foliar

Altura	Deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
Terço inferior	3,111 ^A
Terço médio	2,441 ^{AB}
Terço superior	1,99 ^B

Como o perfil do eucalipto de interesse deste estudo são árvores cujas copas estão acima de 15 metros e a aplicação é realizada de baixo para cima, para o líquido chegar no terço médio da copa, ele terá de passar primeiro pelo terço inferior. Parte desse líquido ficará retido nas folhas da parte inferior da copa, dificultando a penetração no dossel.

A explicação anterior é válida para a cobertura do terço superior por ser menor que o terço inferior. Esse efeito é relatado por Escola et al. (2006) e os autores descrevem que tal fato deve ser levado em consideração a fim de obter uma cobertura desejável em todo o dossel. Escola et al. (2006) definem esse efeito como “efeito parede”.

Uma maior quantidade de calda depositada na parte inferior do dossel torna-se importante no controle de lagartas, objetivo desse sistema, uma vez que estas preferem as folhas mais velhas para se alimentarem e estas se encontram nessa parte do dossel, conforme relatam Specht et al. (2006).

3.2.2. Avaliação da deposição de calda à vazão de ar alta $13.250 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ (68 rad s^{-1} - 650 rpm da TDP): experimento 2

De forma semelhante ao experimento anterior, a deposição de calda foi avaliada aplicando três volumes de calda por hectare, avaliando três alturas da copa: terço inferior, terço médio e terço superior. Para cada altura foram colhidas folhas em três posições na copa, uma frontal, uma lateral e uma posterior em relação à posição do pulverizador. O Quadro 6 apresenta as médias da deposição de calda por unidade de área

No Quadro 7, observa-se a análise da variância para os volumes retidos nas folhas do eucalipto de acordo com o volume de aplicação de calda, altura da folha na copa e posição da folha na copa.

Quadro 6 – Valores médios de deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para os índices de volumes ($V1 = 27 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa; $V2 = 20,2 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa; e $V3 = 12,8 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	2,76	1,51	2,93
	P2	3,05	1,60	1,95
	P3	1,91	1,83	1,83
V2	P1	2,35	2,13	0,70
	P2	2,55	1,24	1,23
	P3	2,38	1,27	1,67
V3	P1	1,88	1,37	1,13
	P2	1,35	1,79	0,90
	P3	2,06	1,42	1,25

Quadro 7 – Resumo da análise de variância do volume retido nas folhas de eucalipto em função do volume aplicado, altura da folha na copa e sua posição

FV	GL	QM
Bloco	2	32.90098*
Volume	2	3.294939 ^{NS}
Erro(A)	4	6.774803
Posição	2	0.1378234 ^{NS}
Posição*Volume	4	0.3361811 ^{NS}
Erro(B)	12	0.2727468
Altura	2	4.595041*
Altura*Volume	4	1.017756 ^{NS}
Posição*Altura	4	0.1048084 ^{NS}
Posição*Altura*Volume	8	0.8403707 ^{NS}
Resíduo	48	1.542149

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura) = 62.2%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

De forma semelhante ao Quadro 4, não houve nenhuma interação com diferenças significativas. Os fatores volume de aplicação e posição da folha na copa também apresentaram resultados semelhantes. O fator altura da folha na copa influenciou no volume de calda depositada.

A deposição de calda nas folhas do terço inferior das copas foram maiores que nos terços médios e superiores. Entre estes dois últimos não houve diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Neste caso, semelhante ao experimento com menor vazão de ar do pulverizador pneumático, o “efeito parede” descrito por Escola et al. (2006) é a provável causa do maior volume de calda depositado no terço inferior da copa.

Quadro 6 – Média dos volumes depositados por área foliar

Altura	Deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
Terço inferior	2,25 ^A
Terço médio	1,57 ^B
Terço superior	1,51 ^B

De forma semelhante ao estudo com menor vazão de ar, a maior quantidade de calda depositada na parte inferior do dossel se torna importante no controle de lagartas, objetivo desse sistema, uma vez que estas preferem as folhas mais velhas para se alimentares e estas se encontram nessa parte do dossel (SPECHT et al., 2006).

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, chegou-se às seguintes conclusões:

- Para as duas condições de vazão de ar ($11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e $13.250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$), a maior deposição de calda ocorre nas partes inferiores do dossel.
- O volume de deposição em valores absoluto foi maior quando utilizou a menor vazão de ar.
- O pulverizador utilizado se mostra eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto.

5. BIBLIOGRAFIA

CUNHA, J.P.A.R. **Tecnologia de aplicação convencional de fungicida de contato no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 79 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ESCOLA, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; PLANAS, S.; GARCIA, F.; ROSSE, J.R.; GIL, E.; VAL, L. **Spray application volume in apple pear orchards in catalonia (spain) and variable rate technology for dose adjustment**. St. Joseph, Mich.: ASAE, 2006. (Paper, 1620).

EWING, G.W. **Métodos instrumentais de análise química**. 6.ed. São Paulo: Editora Afiliada, 1996. 296 p.

GONÇALVES, M.L.S.S. **Métodos instrumentais para análise de soluções, análise quantitativa**. 3.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 789 p.

ODA, S.; BERTI FILHO, E. Incremento anual volumétrico de *Eucalyptus saligna* SM em áreas com diferentes níveis de infestação de lagartas de *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera, Geometriadae). **IPEF**, n. 17, p. 27-31, 1981.

PALADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

RAETANO, C.G.; SCUDELER, F.; BAUER, F.C.; VENEGAS, F.; VINCHI, R.R. Avaliação da cobertura de pulverização com diferentes equipamentos e condições operacionais na cultura do café. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2, 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônômico, Centro de Mecanização e Automação Agrícola, 2001. 6 p.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, 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.

SKOOG, A.D.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T.A. **Princípios de análise instrumental**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 835 p.

SPECHT, A.; FORMENTINI, A.C.; CORSEUIL, E. Biologia de *Hylesia nigricans* (Berg) (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 1, p. 248-255, 2006.

YATES, W.E.; AKESSON, N.B.; COUTTS, H.H. Evaluation of drift residues from aerial applications. **Transactions of the ASAE**, v. 9, n. 3, p. 389-393, 1966.

PARÂMETROS DA PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA EM EUCALIPTO

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, MG e no município de Belo Oriente, MG, no campo de reflorestamento de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*) da CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira com o objetivo de determinar os melhores parâmetros da pulverização utilizando pulverizador pneumático adaptado para a aplicação em florestas de eucalipto através do estudo de gotas utilizando etiquetas hidrossensíveis. Essas etiquetas foram posicionadas nos dosséis dos eucaliptos em três alturas diferenciadas e três posições em relação à copa com o auxílio do Feller Buncher. Os parâmetros observados foram densidade de gotas, porcentagem de cobertura, DMV, coeficiente de homogeneidade (CH) e SPAN. Nas condições em que o experimento foi conduzido observou-se que em todos os pontos do dossel das árvores estudados, os valores de densidades atendem as especificações mínimas para a aplicação de inseticida. As vazões de ar estudadas não interferiram significativamente a porcentagem de cobertura e os valores de SPAN e CH foram condizentes com o tipo de pulverizador utilizado. Para as condições estudadas a vazão de ar obtida com $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ na (540 rpm) TDP foi adequada à aplicação de produtos.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as várias etapas da mecanização florestal, a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas merece especial atenção, pode ser considerada uma das técnicas responsáveis pelo aumento no rendimento de madeira. O desenvolvimento das máquinas aplicadoras de defensivos não acompanhou o desenvolvimento da indústria química e o desenvolvimento de outros setores da mecanização florestal, como por exemplo máquinas para colheita e processamento de madeira.

Independente da cultura explorada, o sucesso final está ligado diretamente às etapas da mecanização, como, semeadura ou plantio, adubação, pulverização e colheita. Todas essas etapas são de grande importância no processo de produção, portanto, a pulverização deve receber uma atenção especial, devido a diversos fatores, como por exemplo, o momento certo da aplicação, o uso do produto adequado, responsável pela eficácia de controle, o uso da máquina correta, onde se tenha uma alta eficiência da pulverização e a correta deposição de gotas sobre o alvo.

No passado o controle de pragas era realizado através de panos ou escovas, que embebidos na calda, eram esfregados sobre as folhas. Quando o controle de pragas era realizado em áreas maiores, eram usados determinados tipo de regadores para aumentar a velocidade de aplicação e a uniformidade de distribuição do produto sobre as culturas (CHAIM, 1999). O mesmo autor descreve ainda que o desenvolvimento de máquinas para tratamento

fitossanitários surgiu entre 1897 e 1900 e ocorreu devido ao interesse dos agricultores em aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos. Outro fato que merece atenção é que, em consequência da revolução industrial, aumentou muito o êxodo rural, diminuindo assim a quantidade de mão de obra no campo, aumentando a demanda de alimentos devido ao aumento da população da zona urbana.

A pulverização consiste na fragmentação do líquido em gotas e os pulverizadores classificados em função da energia que usam para fazer essa fragmentação, como pulverizadores hidráulicos, pulverizadores hidropneumático, pneumáticos, centrífugos e térmicos.

O uso de sistema de pulverização pneumática não é recente, mas ultimamente tem ganhado destaque nas pesquisas atuais. O primeiro pulverizador pneumático foi desenvolvido provavelmente na França para aplicações em videiras, em 1885 (TSAY et al., 2002).

A pulverização pneumática ocorre com a injeção da calda sob baixa pressão em uma corrente de ar, fragmentando o líquido em gotas e conduzindo-as até o alvo.

As gotas pequenas 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. Por outro lado, a penetração de gotas maiores no interior da copa das árvores, pode ser reduzida devido ao impedimento causado pelas folhas e pelo atrito do ar.

O objetivo da pulverização pneumática em florestas adultas é depositar as gotas em todo o dossel das plantas, e esse processo pode ser afetado pela arquitetura e densidade foliar da planta.

O regime de fluxo de ar produzido nos pulverizadores pneumáticos é um elemento crítico no processo de transporte de gotas do pulverizador até a copa das plantas, pois à medida que as gotas vão se afastando do pulverizador, o fluxo de ar vai se tornando desuniforme, ou seja, vai se espalhando durante a trajetória. Vários estudos usaram modelos de jato teóricos para prever seu comportamento durante a trajetória. Porém, há uma carência de informações na literatura sobre trabalhos em campo (FOX et al., 2008).

Ainda de acordo com Fox et al. (2008), a deposição de gotas pode ser modelada pelos princípios da inércia, características do impacto sobre o alvo, interceptação pelas folhas externas e sedimentação. As gotas grandes são depositadas na folha principalmente pelo impacto. Já as gotas pequenas tendem a seguir a corrente aerodinâmica do fluxo de ar e se depositarem no alvo pelo movimento turbulento do fluxo de ar.

Na aplicação de defensivos em plantas arbóreas é comum, devido à alta densidade foliar, que grande parte das gotas não atinja o interior do dossel das plantas. Nessa situação, a uniformidade de distribuição de líquido no dossel da planta fica prejudicada, causando uma baixa eficácia de controle da praga. Devido a essa baixa eficácia, os produtores aumentam o volume de calda utilizado e a dose do defensivo agrícola, ocasionando aumento no custo de produção e contaminação ambiental (PAI et al., 2008).

Obter uniformidade de distribuição no dossel de plantas arbóreas sempre foi um dos objetivos de pesquisadores e produtores. A preocupação com uma agricultura sustentável, onde o uso de defensivos agrícolas seja usado com cautela, se tornou realidade em vários países. Uma maneira de praticar uma agricultura sustentável, sem agredir o meio ambiente, é aplicar o defensivo somente quando se fizer necessário, no local necessário, em quantidade necessária e em local necessário (FAROOQ; LANDERS, 2004).

Um dos métodos de avaliação da qualidade da aplicação de produtos fitossanitários é o uso de papéis sensível a água. Estes papéis apresentam em uma de suas faces a presença da substância bromofenol. Em contato com a água ocorre uma ionização essa substância ficando o local do contato com uma coloração azul. Essa coloração contrasta com o amarelo que é a cor de fundo do papel, permitindo assim a caracterização do tamanho e formato das gotas depositadas na etiqueta. E com o conhecimento do espectro das gotas que atinge o alvo permite adequar o tamanho de gotas às condições locais, garantindo assim uma aplicação de produtos fitossanitários eficientes (CUNHA, 2003).

A utilização de papel hidrossensível em árvores para avaliar a distribuição no dossel por análise de imagem é descrito por Moor et al. (2000). Segundo os autores este método de calibração de pulverizadores elimina o

erro humano, mantendo um padrão de qualidade, oferecendo uma análise rápida e fácil da real condição da pulverização.

Cross et al. (2001) testaram a distribuição da calda e as perdas causadas por deriva em árvores frutíferas utilizando papel hidrossensível e análise de imagens. Os autores descrevem a técnica como rápida e eficaz.

Estudos com diferentes volumes de aplicação e sua influência na qualidade da pulverização em laranjeiras, utilizando etiquetas hidrossensíveis, são descritas como capazes de diferenciar os tratamentos estudados (SALYANI; FOX, 1999).

Durabilidade de etiquetas amostradas por longo período não altera o tamanho, cor e forma das gotas, quando armazenadas em condições adequadas (SALYANI, 1999).

Marti et al. (2006), avaliando a otimização da tecnologia de aplicação de defensivos em plantas arbóreas, concluíram que não é fácil conseguir distribuição uniforme sobre o dossel da planta. Afirmaram que aumentar a penetração de gotas é um objetivo importante para o desenvolvimento dos pulverizadores hidropneumáticos e para a economia de inseticidas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros da pulverização utilizando pulverizador pneumático para a aplicação em florestas de eucalipto através do estudo de gotas utilizando etiquetas hidrossensíveis, visando escolher melhores parâmetros da pulverização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em condições de laboratório na cidade de Viçosa e à campo na cidade de Belo Oriente, Minas Gerais, utilizando-se um pulverizador pneumático, marca Jacto, como objetivo alcançar alturas superiores a 20 metros na aplicação de produtos fitossanitários em plantações de eucaliptos adultos (*Eucalyptus grandis*). Os dois experimentos foram conduzidos de forma semelhante com exceção das vazões de ar. No primeiro experimento utilizou-se uma vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtida utilizando $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) no eixo da tomada de potência (experimento 1) e no segundo experimento utilizou-se uma vazão de ar de $13.250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtido com 68 rad s^{-1} (650 rpm) no eixo da tomada de potência (experimento 2).

Os trabalhos foram desenvolvidos no campo de reflorestamento de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*) da Cenibra – Celulose Nipo-Brasileira – no município de Belo Oriente, MG. Os eucaliptos utilizados pertenciam a um talhão de 43,16 ha, plantado com o clone tipo 111C89 com idade de 6,3 anos.

Nesses experimentos utilizaram-se etiquetas de papel hidrossensíveis posicionadas nos dosséis dos eucaliptos em três alturas diferenciadas (terço inferior, médio e superior do dossel) e três posições em relação à copa (frente, lateral e oposta à pulverização). Para o devido posicionamento dessas etiquetas foi utilizado uma máquina florestal denominada Feller Buncher, cortando-se a árvore a ser pulverizada e conduzindo-a, pelo seu cabeçote, até

próximo ao chão, quando as etiquetas eram presas nas referidas posições, retornando, assim, a mesma para sua posição original (Figura 1).



Figura 1 – Feller Buncher de esteira.

Após a pulverização, a copa da árvore era novamente abaixada até próximo ao solo pelo Feller Buncher e as etiquetas eram retiradas, acondicionadas em sacos de papel devidamente separados de acordo com sua altura e posição de colocação na copa e levadas ao laboratório. Essas etiquetas foram digitalizadas e analisadas determinando-se a deposição de gotas através da densidade de gotas e a porcentagem de cobertura. O fator de espalhamento das gotas foi determinado de acordo com a equação proposta por Chaim (1999).

$$F = 0,74057 + 0,0001010399 D + 0,2024884 \ln(D) \quad (1)$$

em que F é o fator de espalhamento; e D , diâmetro-limite de cada classe de tamanho da mancha (μm).

Recolhidas as etiquetas, determinou-se o comprimento total da árvore, assim como o comprimento e diâmetro de sua copa. Com as dimensões obtidas determinou-se o TRV através da equação:

$$TRV = \frac{H.L.10000}{D} \quad (2)$$

em que TRV é o volume dos dosséis das plantas ($m^3 ha^{-1}$); H , altura do dossel (m); L , diâmetro do dossel (m); e D , distância entre linhas de plantio (m).

O pulverizador foi acoplado a um trator da marca New Holland, modelo TL85E e abastecido. Utilizaram-se as três primeiras velocidades do trator New Holland obtendo-se, respectivamente, 0,46, 0,66 e 0,96 $m s^{-1}$, com uma vazão de 24,1 $L min^{-1}$

Durante a coleta de dados, as condições de vento, pressão barométrica, temperatura e umidade foram monitoradas através de, respectivamente, anemômetro, barômetro, termômetro e higrômetro digitais, previamente calibrados.

2.1. Delineamento experimental

Os experimentos foram montados segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os volumes de aplicação, na subparcelas as alturas e nas subsubparcelas as posições, em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Os dados foram analisados por meio de Análise de Variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste F e Tukey, adotando seu nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os experimentos a temperatura variou entre 24 e 28,0°C, o vento próximo ao solo entre 0,0 e 1,9 m s⁻¹, a pressão barométrica foi de 1002 mbar e umidade relativa, acima de 62%

O Quadro 1 apresenta os valores médios corrigidos do índice volumétrico aplicado em função do volume de cada dossel medido das arvores pulverizadas, com base no TRV médio de 102.228 m⁻³ ha⁻¹ de copa.

Quadro 1 – Índice volumétrico e volume de pulverização aplicado na lavoura

L 1.000 m ⁻³ de dossel	Índice volumétrico (L 1.000 m ⁻³ de dossel)	Volume de aplicação (L ha ⁻¹)
IV (Volume 1)	27,0	2.754
IV (Volume 2)	20,2	2.060
IV (Volume 3)	12,8	1.305

3.1. Estudo da população de gotas aplicadas na lavoura de eucalipto

3.1.1. Densidade de gotas

O Quadro 2 apresenta a média da densidade de gotas para os três índices de volume estudado, nas três alturas e três posições da copa do eucalipto, com a vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtida no experimento 1, utilizando a TDP a $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm).

Quadro 2 – Valores médios da densidade de gotas (gotas cm^{-2}) para os índices de volumes (V1 = 27 L 1.000 m^{-3} de copa; V2 = 20,2 L 1.000 m^{-3} de copa; V3 = 12,8 L 1.000 m^{-3} de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	103,3	75,3	104,2
	P2	186,5	43,9	73,9
	P3	175,2	70,4	74,1
V2	P1	69,8	80,3	105,2
	P2	113,9	80,3	91,8
	P3	88,4	80,6	101,9
V3	P1	147,8	156,9	136,0
	P2	168,9	119,0	195,5
	P3	114,3	116,8	141,4

O Quadro 3 apresenta a análise de variância para os valores de densidade de gotas por cm^2 em função do índice volumétrico aplicado, altura das etiquetas na planta e posição destas no dossel para o experimento 1. Dos parâmetros estudados, somente a altura na copa apresentou diferença significativa nas médias.

Quadro 3 – Resumo da análise de variância da densidade de gotas, utilizando a vazão de ar de 11.300 m³ h⁻¹: experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	2216.628 ^{NS}
Volume	2	21984.61 ^{NS}
Erro(A)	4	21807.03
Posição	2	1191.988 ^{NS}
Posição*Volume	4	1256.567 ^{NS}
Erro(B)	12	1405.086
Altura	2	9972.379*
Altura*Posição	4	3068.575 ^{NS}
Altura*Volume	4	6648.064 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	1672.348 ^{NS}
Resíduo	36	2940.966

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura) = 48.2%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

O Quadro 4 apresenta o teste de média da densidade de gotas cm⁻² para a variável altura no experimento 1.

Quadro 4 – Médias de densidade de gotas variando altura do dossel do experimento 1

Altura	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)
1	129,7 ^A
2	91,5 ^B
3	113,71 ^B

Os valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O Quadro 4 apresenta os resultados, pelo teste de Tukey, para as médias da densidade de gotas em diferentes alturas no dossel. O maior valor foi encontrado no terço inferior do dossel, sendo este estatisticamente semelhante ao encontrado no terço superior. Entretanto, o valor encontrado no terço inferior tem diferença significativa àquele encontrado no terço médio do dossel, não tendo este último diferença significativa com o as médias encontradas no terço superior do dossel.

O Quadro 5 apresenta a média da densidade de gotas para os três índices de volume estudados, nas três alturas e três posições da copa do eucalipto, com a vazão de ar de $13.250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtida no experimento 2, utilizando a TDP a $68,0 \text{ rad s}^{-1}$ (650 rpm).

Quadro 5 – Valores médios da densidade de gotas (gotas cm^{-2}) para os índices de volumes ($V1 = 27 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa; $V2 = 20,2 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa; $V3 = 12,8 \text{ L } 1.000 \text{ m}^{-3}$ de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	130,4	138,5	133,5
	P2	102,5	101,8	131,8
	P3	173,7	82,1	127,1
V2	P1	191,8	157,7	143,6
	P2	166,4	116,1	162,1
	P3	199,0	135,6	111,3
V3	P1	128,2	147,0	77,1
	P2	88,7	109,1	80,2
	P3	108,4	70,2	87,6

O Quadro 6 apresenta a análise de variância para a densidade de gotas cm^{-2} para o experimento 2. Não houve diferenças significativas para nenhuma das variáveis. No Quadro 7 estão as médias da densidade de gotas nos três níveis de altura dentro do dossel.

Quadro 6 – Resumo da análise de variância da densidade de gotas na vazão de ar de $13.250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$: experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	18566.42 ^{NS}
Volume	2	19829.01 ^{NS}
Erro(A)	4	18553.66
Posição	2	3345.805 ^{NS}
Posição*Volume	4	372.9556 ^{NS}
Erro(B)	12	3952.619
Altura	2	6028.920 ^{NS}
Altura*Volume	4	2557.044 ^{NS}
Altura*Posição	4	3945.977 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	1054.333 ^{NS}
Resíduo	36	4499.440

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura) = 53.24%;^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 7 – Média da densidade de gotas cm^{-2} no experimento 2

Altura	Densidade de gotas (gotas cm^{-2})
1 – Terço inferior do dossel	143.2
2 – Terço médio do dossel	117.5
3 – Terço superior do dossel	117.1

Sendo a pulverização feita de baixo para cima, é esperada uma maior densidade de gotas no terço inferior do dossel. O “efeito parede” faz com que as próprias folhas sirvam de barreira para a penetração do líquido no interior do dossel. Os valores obtidos variaram de 91 a 129 gotas cm^{-2} , no experimento 1 e de 117 a 143 gotas cm^{-2} no experimento 2, esse resultado demonstra uma distribuição uniforme em toda a copa das árvores pulverizadas. Em todos os pontos estudados o número de gotas é suficiente para uma aplicação de inseticida (BARTHELEMY et al., 1990).

O maior número de gotas no terço inferior é importante no controle da lagarta, uma vez que estas preferem as folhas mais velhas para se alimentarem e estas folhas se encontram nessa região do dossel (SEPCHT et al., 2006).

As diferenças estatísticas entre os terços inferiores e os terços médios podem ser justificadas pela arquitetura da planta. Visto que a área estudada era uma floresta de clones e estes tendem a ter uma forma semelhante.

3.2. Porcentagem de cobertura

O Quadro 8 apresenta a média da densidade de gotas para os três índices de volume estudados, nas três alturas e três posições da copa do eucalipto, com a vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtida no experimento 1, utilizando a TDP a $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm).

O Quadro 9 apresenta a análise de variância para a variável porcentagem de cobertura da etiqueta em função do índice volumétrico aplicado, a altura das etiquetas no dossel e sua posição horizontal em cada altura no experimento 1.

Observa-se no Quadro 9 que a interação entre a altura e o volume aplicado e a variável posição da etiqueta no dossel foram significativas. O Quadro 10 apresenta os resultados obtidos pelo teste de Tukey para os valores de posição.

Quadro 8 – Valores médios da porcentagem de cobertura para os índices de volumes (V1 = 27 L 1.000 m⁻³ de copa; V2 = 20,2 L 1.000 m⁻³ de copa; V3 = 12,8 L 1.000 m⁻³ de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	11,1	15,0	11,2
	P2	28,5	18,3	10,7
	P3	24,8	11,9	6,7
V2	P1	8,0	29,6	26,8
	P2	10,3	19,8	19,0
	P3	6,5	15,9	17,3
V3	P1	18,7	25,7	23,3
	P2	23,7	19,2	20,3
	P3	17,7	11,8	9,1

Quadro 9 – Resumo da análise de variância da porcentagem de cobertura do experimento 1.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Volume	2	82.05604 ^{NS}
Bloco	2	60.76649 ^{NS}
Erro(A)	4	2005.243
Posição	2	254.8683*
Posição*Volume	4	126.8563 ^{NS}
Erro(B)	12	78.20281
Altura	2	48.10584 ^{NS}
Altura*Posição	4	167.9938 ^{NS}
Altura*Volume	4	403.2064*
Altura*Posição*Volume	8	9.536163 ^{NS}
Resíduo	36	74.25359

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura) = 50.46%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 10 – Valores médios da porcentagem de cobertura nas posições do dossel: experimento 1

Posição	Cobertura (%)
Frontal do dossel	18.8 ^A
Interna do dossel	18.8 ^A
Posterior do dossel	13.5 ^A

Os valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Uma porcentagem de cobertura maior na parte frontal e interna do dossel em relação à posterior era esperada em função da posição do pulverizador, entretanto essa diferença não foi significativa.

O Quadro 11, apresenta as médias da porcentagem de cobertura função dos índices volumétricos aplicados.

Quadro 11 – Valores médios da porcentagem de cobertura para o índice volumétrico de 20,2 L 1.000 m⁻³ de dossel (volume 2): experimento 1

IV (L 1.000 m ⁻³)	Altura no dossel		
	Terço inferior	Terço médio	Terço superior
27,0	21,4 ^A	15,0 ^{AB}	9,5 ^B
20,2	8,2 ^B	21,7 ^A	21,0 ^A
12,8	20,0 ^A	18,9 ^A	17,5 ^A

Os valores seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As porcentagens de cobertura foram semelhantes nas três alturas em cada um dos índices volumétricos estudados, a exceção do terço superior do volume 1 e terço inferior do volume 2, o que pode ser justificado pelo alto coeficiente de variação do experimento (50,46%).

O Quadro 12 apresenta a média da porcentagem de cobertura para os três índices de volume estudado, nas três alturas e três posições da copa do eucalipto, com a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ obtida no experimento 2, utilizando a TDP a 68,0 rad s⁻¹ (650 rpm).

Quadro 12 – Valores médios da porcentagem de cobertura para os índices de volumes (V1 = 27 L 1.000 m⁻³ de copa; V2 = 20,2 L 1.000 m⁻³ de copa; e V3 = 12,8 L 1.000 m⁻³ de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	25,3	15,3	18,8
	P2	32,3	14,3	21,5
	P3	10,0	8,0	14,2
V2	P1	24,2	13,4	13,9
	P2	14,2	12,4	12,0
	P3	16,7	11,2	10,7
V3	P1	18,1	19,4	8,4
	P2	10,4	13,1	7,4
	P3	18,1	9,0	8,2

Quando observou-se o mesmo parâmetro no experimento 2, onde utilizou-se de maior vazão de ar, observou-se diferença significativa da porcentagem de cobertura na posição das etiquetas no dossel, não ocorrendo a mesma diferenciação ocorrida no experimento 1 na variável altura (Quadros 13 e 14).

Houve diferenças estatísticas para a porcentagem de cobertura entre os tratamentos, na posição frontal e posterior não ocorrendo diferença significativa entre a posição frontal e intermediária e não ocorrendo também diferenças entre a posição intermediária e posterior.

O alto coeficiente de variação na porcentagem de cobertura é justificado pelo tipo de pulverizador usado, que não tem uma boa uniformidade no tamanho de gotas. Outro fator que contribui é a longa distância entre o pulverizador e o alvo e a alta velocidade de lançamento das gotas, provocando manchas irregulares nas etiquetas hidrossensíveis no sentido do fluxo de ar, tirando a esfericidade da gota.

Quadro 13 – Resumo da análise de variância da porcentagem de cobertura do experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	571.4249 ^{NS}
Volume	2	194.5496 ^{NS}
Erro(A)	4	238.0107
Posição	2	217.6165*
Posição*Volume	4	122.5219 ^{NS}
Erro(B)	12	58.64614
Altura	2	321.0550 ^{NS}
Altura*Volume	4	78.83048 ^{NS}
Altura*Posição	4	16.17273 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	54.01071 ^{NS}
Resíduo	36	171.7543

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura) = 88.32%;^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 14 – Valores médios da porcentagem de cobertura para as posições das etiquetas no dossel: experimento 2

Posição	Média
1	17,4 ^A
2	15,3 ^{AB}
3	11,7 ^B

Os valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em nenhuma das alturas de copa das plantas estudadas ocorreram diferenças estatísticas significativas da porcentagem de cobertura nas diferentes rotações do ventilador. Não justificando nesse caso o uso de rotações acima de 540 rpm na TDP.

3.3. Determinação do DMV

O Quadro 15 apresenta a média do Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV) para os três índices de volume estudado, nas três alturas e três posições da copa do eucalipto, com a vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obtida no experimento 1, utilizando a TDP a $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm).

Quadro 15 – Valores médios do DMV para os índices de volumes (V1 = 27 L 1.000 m^{-3} de copa; V2 = 20,2 L 1.000 m^{-3} de copa; V3 = 12,8 L 1.000 m^{-3} de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	381,9	389,2	279,6
	P2	308,9	576,1	297,5
	P3	412,4	422,2	310,4
V2	P1	313,4	701,0	487,4
	P2	323,1	508,7	511,5
	P3	269,5	404,9	460,6
V3	P1	345,7	490,9	366,1
	P2	392,4	429,5	433,7
	P3	359,2	262,7	309,2

O Quadro 16 apresenta o resumo da análise de variância para a variável DMV quando aplicou-se calda utilizando $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de vazão de ar. Como é observado, não houve interação significativa a 5% entre as variáveis estudadas.

Quadro 16 – Resumo da análise de variância do DMV do experimento1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Volume	2	39506.86 ^{NS}
Erro(A)		377966.2
Posição	2	34528.78 ^{NS}
Posição*Volume	4	17113.64 ^{NS}
Erro(B)		35150.09
Altura	2	100988.4 ^{NS}
Altura*Volume	4	51418.00 ^{NS}
Altura*Posição	4	21710.75 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	13548.70 ^{NS}
Resíduo	36	40572.16

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura)= 50.60%;^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Valores médios do DMV para diferentes alturas nas copas são apresentados no Quadro 17. Os valores variaram de 345 μm a 465 μm nos diferentes terços avaliados das copas. O maior valor foi encontrado no terço médio, mas apesar de ser um valor mais alto, não difere estatisticamente dos valores encontrados no terço superior e inferior. Uma explicação para isso é o alto coeficiente de variação encontrado.

Quadro 17 – Valores médios do DMV nas três alturas utilizando $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de vazão de ar no ventilador

Altura	DMV (μm)
Terço inferior	345
Terço médio	465
Terço superior	383

O Quadro 18 apresenta a média do Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV) para os três índices de volume estudado, nas três alturas e três posições da copa do eucalipto, com a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ obtida no experimento 1, utilizando a TDP a 68,0 rad s⁻¹ (650 rpm).

Quadro 18 – Valores médios do DMV para os índices de volumes (V1 = 27 L 1.000 m⁻³ de copa; V2 = 20,2 L 1.000 m⁻³ de copa; V3 = 12,8 L 1.000 m⁻³ de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador)

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	455,1	303,7	336,1
	P2	920,7	344,8	419,8
	P3	325,7	325,6	312,0
V2	P1	410,9	256,7	295,0
	P2	270,7	300,2	279,2
	P3	329,5	248,6	255,4
V3	P1	394,6	400,4	342,8
	P2	344,1	365,1	258,3
	P3	409,0	317,0	296,2

A variável índice volumétrico apresentou diferenças estatisticamente diferentes e também a interação entre as variáveis posição da folha na copa e o índice de aplicação. Nesse caso somente estudaremos a interação.

O Quadro 20 apresenta as médias dos valores de DMV dentro das três alturas estudadas para cada Índice volumétrico avaliado.

Para os dois menores valores de índice volumétrico utilizado as diferenças do DMV entre as alturas estudadas não apresentaram diferenças significativas, porém para o maior valor do Índice volumétrico ocorreram os maiores valores de DMV.

Quadro 19 – Resumo da análise de variância do estudo de DMV para o experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	F
Bloco	2	100846,6	2,80 ^{NS}
Volume	2	27044,9	3,73*
Erro(A)	4	39111,8	
Posição	2	60634,0	1,83 ^{NS}
Posição*Volume	4	21394,1	2,83*
Erro(B)	12	118679,7	
Altura	2	33696,2	2,16 ^{NS}
Altura*Volume	4	12020,6	0,61 ^{NS}
Altura*Posição	4	38181,1	0,22 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	54927,6	0,70 ^{NS}
Resíduo	36		

Coeficiente de variação = 66.490; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade;
 * Significativo a 5% de probabilidade. Média geral = 352.48.

Quadro 20 – Valores médios do DMV para os índices volumétricos estudados nas alturas avaliadas: experimento 2.

IV (L 1.000 m ⁻³)	Altura no dossel		
	Terço inferior	Terço médio	Terço superior
27,0	365 ^B	561 ^A	321 ^B
20,2	320 ^A	283 ^A	278 ^A
12,8	379 ^A	322 ^A	340 ^A

Os valores seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

São valores esperados, uma vez que, o pulverizador pneumático não usa um bico pulverizador para fracionar a calda e gerar a gota, usa a corrente de ar produzida pelo ventilador e esse tipo de fracionamento é menos eficiente que as pontas pulverizadoras. Com um maior volume para fracionar, há uma

tendência das gotas serem maiores e em maior número, isso eleva o valor de DMV.

3.4. Determinação do coeficiente de homogeneidade (CH)

O Coeficiente de Homogeneidade (CH) que é a relação entre o diâmetro da mediana volumétrica e o diâmetro da mediana numérica foi avaliado para fornecer uma referência com relação à dispersão dos diâmetros das gotas que atingiram o alvo. O Quadro 21 apresenta os volumes médios do CH para cada altura e posição nos três índices volumétricos estudados, utilizando a vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

Quadro 21 – Valores médios do CH para os índices de volumes (V1 = 27 L 1.000 m^{-3} de copa; V2 = 20,2 L 1.000 m^{-3} de copa; V3 = 12,8 L 1.000 m^{-3} de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador): experimento 1

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	4,9	7,4	2,4
	P2	3,0	6,1	2,6
	P3	3,4	9,1	2,0
V2	P1	2,5	6,4	8,0
	P2	4,5	4,4	3,4
	P3	2,5	3,0	3,1
V3	P1	3,0	8,0	4,1
	P2	3,7	4,8	3,3
	P3	2,9	2,4	2,4

O resumo da análise de variância do CH do experimento utilizando $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de vazão de ar é apresentado no Quadro 21 e percebe-se que

das médias obtidas somente a variável Altura apresenta diferenças estatísticas significativas entre as médias.

Quadro 22 – Resumo da análise de variância para CH do experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Volume	2	3.445878 ^{NS}
Bloco	2	13.60956 ^{NS}
Erro(A)	4	75.38078
Posição	2	22.30028 ^{NS}
Posição*Volume	4	5.957144 ^{NS}
Erro(B)	12	12.77835
Altura	2	46.73528*
Altura*Posição	4	4.443967 ^{NS}
Altura*Volume	4	17.07011 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	7.142706 ^{NS}
Resíduo	36	13.20749

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura)= 86.89%;^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

O Quadro 23 apresenta o teste de média para o coeficiente de homogeneidade. O maior valor foi no terço médio do dossel, porém não foi significativamente diferente pelo teste de Tukey a 5%.

Uma das possíveis causas desse valor alto no terço médio e pode ser observado também no Quadro 23, pode estar na arquitetura do dossel. Por serem clones, tem uma tendência a ter um formato semelhante entre as plantas e isso pode ter influenciado os resultados.

O Quadro 24 apresenta os volumes médios do CH para cada altura e posição nos três índices volumétricos estudados, utilizando a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ (experimento 2).

O Quadro 25 apresenta o resumo da análise de variância para o CH nos três índices volumétricos, três posições e três alturas do dossel estudado. Não houve diferenças significativas nem interações entre as médias das variáveis estudadas.

Quadro 23 – Valores médios do CH nas três alturas utilizando 11.300 m³ h⁻¹ de vazão de ar no ventilador

Altura	CH
Terço inferior	3.3841 ^A
Terço médio	5.7007 ^A
Terço superior	3.4619 ^A

Os valores seguidos pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 24 – Valores médios do CH para os índices de volumes (V1 = 27 L 1.000 m⁻³ de copa; V2 = 20,2 L 1.000 m⁻³ de copa; V3 = 12,8 L 1.000 m⁻³ de copa), alturas (1 = terço inferior da copa; 2 = terço médio da copa; e 3 = terço superior da copa) e posições (P1 = frontal; P2 = lateral; e P3 = posterior da copa em relação ao pulverizador): experimento 2

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	3,6	2,9	2,7
	P2	8,9	2,4	4,4
	P3	6,2	3,5	3,2
V2	P1	3,6	2,3	3,3
	P2	2,5	2,6	2,5
	P3	2,6	3,2	2,7
V3	P1	4,0	3,8	3,6
	P2	2,7	3,2	2,6
	P3	3,8	3,2	3,2

Quadro 25 – Resumo da análise de variância para CH do experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	6.526856 ^{NS}
Volume	2	13.43426 ^{NS}
Erro(A)	4	4.912230
Posição	2	0.4308262 ^{NS}
Posição*Volume	4	6.603375 ^{NS}
Erro(B)	12	4.638051
Altura	2	11.96865 ^{NS}
Altura*Volume	4	8.450031 ^{NS}
Altura*Posição	4	1.334973 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	3.259177 ^{NS}
Resíduo	36	4.333773

Coeficiente de variação da subsubparcela (Altura) = 60.25%;^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

O Quadro 26 apresenta as médias do CH para as três alturas do dossel. Semelhante ao experimento 1, os valores variaram entre 3 e 5, valores esperados para um pulverizador pneumático.

Quadro 26 – Valores médios do CH nas três alturas utilizando 13.250 m³ h⁻¹ de vazão de ar no ventilador (experimento 2)

Altura	CH
Terço inferior	4,2
Terço médio	3,0
Terço superior	3,1

3.5. Determinação dos valores de SPAN

O SPAN, também chamado de Amplitude relativa ao DMV, é mais uma referência no estudo de gotas à variação dos diâmetros das gotas pulverizadas. O Quadro 27 apresenta os valores médios do SPAN para os três índices volumétricos estudados, nas sete alturas avaliadas utilizando a vazão de ar de $11.300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ no ventilador (experimento 1).

O Quadro 28 apresenta a análise de variância para a variável SPAN. Não houve diferenças estatísticas significativas a 5% para nenhuma variável ou interações. No Quadro 29 foram calculadas as médias do SPAN e esses valores são próximos a um. O valor ideal do SPAN é zero, onde teriam todas as gotas com o mesmo diâmetro. O pulverizador pneumático tem uma variação maior de gotas, portanto o SPAN próximo a um está adequado a esse tipo de equipamento.

Quadro 27 – Valores médios do span do experimento 1

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	1,1	0,9	1,0
	P2	1,1	0,8	1,2
	P3	1,2	1,0	0,9
V2	P1	0,8	1,0	1,0
	P2	0,9	0,9	0,7
	P3	0,7	1,0	0,9
V3	P1	1,1	1,0	0,9
	P2	1,0	1,1	1,0
	P3	0,9	0,9	0,9

Quadro 28 – Resumo da análise de variância para o SPAN no experimento 1

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Volume	2	0.1234539 ^{NS}
Bloco	2	0.03090542 ^{NS}
Erro(A)	4	0.4258182
Posição	2	0.008007198 ^{NS}
Posição*Volume	4	0.02544998 ^{NS}
Erro(B)	12	0.04886386
Altura	2	0.00987979 ^{NS}
Altura*Posição	4	0.01494827 ^{NS}
Altura*Volume	4	0.08130146 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	0.06047160 ^{NS}
Resíduo	36	0.07467359

Coeficiente de variação da subsubparcela = 28.54%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 29 – Médias dos valores de SPAN nas três alturas estudadas

Altura	SPAN
Terço inferior	0,97
Terço médio	0,96
Terço superior	0,93

O Quadro 30 apresenta os valores médios do SPAN para os três índices volumétricos estudados, nas sete alturas avaliadas utilizando a vazão de ar de 13.250 m³ h⁻¹ no ventilador (experimento 2).

O Quadro 31 apresenta a análise de variância para a variável SPAN. Houve diferenças estatísticas significativas a 5% para a interação entre a Altura e o volume.

Quadro 30 – Média dos valores de SPAN

		Altura		
		1	2	3
V1	P1	0,8	0,9	0,9
	P2	0,9	0,9	1,5
	P3	1,2	0,9	1,2
V2	P1	1,0	1,0	0,8
	P2	0,9	1,0	0,9
	P3	1,0	1,0	0,9
V3	P1	1,0	1,1	0,7
	P2	1,1	1,0	0,9
	P3	0,9	1,2	0,9

Quadro 31 – Resumo da análise de variância para o SPAN no experimento 2

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	0.1464751 ^{NS}
Volume	2	0.05497314 ^{NS}
Erro(A)	4	0.07590328
Posição	2	0.1126504 ^{NS}
Posição*Volume	4	0.02350423 ^{NS}
Erro(B)	12	0.05745509
Altura	2	0.008355358 ^{NS}
Altura*Volume	4	0.2289364*
Altura*Posição	4	0.06962223 ^{NS}
Altura*Posição*Volume	8	0.04240390 ^{NS}
Resíduo	36	0.07308741

Coefficiente de variação da subsubparcela (Altura) = 27.40%; ^{NS} Não-significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

O Quadro 32 apresenta os testes das médias para as alturas em cada índice volumétrico estudado. Semelhante ao experimento 1, os valores estão próximos a um, e são valores esperados para esse tipo de pulverizadores.

Quadro 32 – Valores médios do SPAN para a interação entre o índice volumétrico e alturas avaliadas: experimento 2

IV (L 1.000 m ⁻³)	Altura no dossel		
	Terço inferior	Terço médio	Terço superior
27,0	0,99 ^{AB}	0,90 ^B	1,22 ^A
20,2	0,98 ^A	1,01 ^A	0,85 ^A
12,8	1,01 ^A	1,09 ^A	0,83 ^A

Os valores seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, chegou-se às seguintes conclusões:

- Em todos os pontos do dossel das árvores estudados, os valores de densidades atendem as especificações mínimas para a aplicação de inseticida.
- As vazões de ar estudadas não interferiram significativamente a porcentagem de cobertura.
- Para as condições estudadas a vazão de ar obtida com $56,5 \text{ rad s}^{-1}$ na (540 rpm) TDP foi adequada à aplicação de produtos.
- O pulverizador pneumático utilizado atende as expectativas tanto em densidade de gotas quanto em porcentagem de cobertura para a aplicação de inseticida em floresta de eucalipto de até 26 metros.
- Os valores médios do coeficiente de homogeneidade e SPAN foram condizente com o tipo de pulverizador utilizado.
- O pulverizador utilizado se mostra eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto.

5. BIBLIOGRAFIA

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

CHAIM, A. **História da pulverização**. Jaguariúna: EMBRAPA/CNPMA, 1999. 17 p.

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. Effects of spray liquid flow rate. **Crop Protection**, v. 20, p. 13-30, 2001.

CUNHA, J.P.A.R. **Tecnologia de aplicação convencional de fungicida de contato no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 79 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FAROOQ, M.; LANDERS, A.J. **Interactive effects of air, liquid and canopies on spray patterns of axial-flow sprayers**. St. Joseph, MI: ASABE, 2004. (Paper, 1001).

FOX, R.D.; DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; BRAZEE, R.D.; SVENSSON, S.A. A history of air-blast sprayer development and future prospects. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 2, p. 405-410, 2008.

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

MOOR, B.A.; LANGENAKENS, J.; VEREECKE, E. Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers: aspects of applied biology. **Pesticide Application**, v. 57, 2000.

PAI, N.; SALYANI, M.; SWEEB, R.D. **Adjusting airblast sprayer airflow based on tree foliage density**. St. Joseph, MI: ASABE, 2008. (Paper, 3653).

SALYANI, M. A technique for stabilizing droplet spots on oil-sensitive paper **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 1, p. 45-48, 1999.

SALYANI, M.; FOX, R.D. Evaluation of spray quality by oil and water-sensitive papers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 1, p. 37-43, 1999.

SPECHT, A.; FORMENTINI, A.C.; CORSEUIL, E. Biologia de *Hylesia nigricans* (Berg) (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 1, p. 248-255, 2006.

TSAY, J.; FOX, R.D.; OZKAN, H.E.; BRAZEE, R.D.; DERKSEN, R.C. Evaluation of a pneumatic-shielded spraying system by CFD simulation. **Transactions of the ASAE**, v. 45, n. 1, p. 47-54, 2002.

REFERÊNCIAS

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

BAYAT, A.; ZEREN, Y.; ULUSPY, M.R. Spray deposition with conventional and electrostatically-charged spraying in citrus trees. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa And Latin America**, v. 25, n. 4, p. 35-39, 1994.

BERTI FILHO. **Biologia de *Thyrintaina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) e observações sobre a ocorrência de inimigos naturais**. 1974. 74 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1974

BYERS, R.E.; HICKEY, K.D.; HILL, C.H. Base of gallonage per acre. **Var. Fruit.**, v. 60, p. 19-23, 1971.

CHAIM, A. **História da pulverização**. Jaguariúna: EMBRAPA/CNPMA, 1999. 17 p.

CHAIM, A.; MAIA, A.H.N.; PESSOA, M.C.P.Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999.

COURSHEE, R.J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D.C. (Ed.). **Fungicides: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239-286.

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. Effects of spray liquid flow rate. **Crop Protection**, v. 20, p. 13-30, 2001.

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: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, v. 20, p. 333-343, 2001.

CUNHA, J.P.A.R. **Tecnologia de aplicação convencional de fungicida de contato no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 79 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CUNNINGHAM, R.T.; BRANN, J.L.; FLEMING, G.A. Factors affecting the evaporation of water from droplets in airblast spraying. **Journal of Economic Entomology**, v. 55, n. 2, p. 192-199, 1962.

ESCOLA, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; PLANAS, S.; GARCIA, F.; ROSSE, J.R.; GIL, E.; VAL, L. **Spray application volume in apple pear orchards in catalonia (spain) and variable rate technology for dose adjustment**. St. Joseph, Mich.: ASAE, 2006. (Paper, 1620).

EWING, G.W. **Métodos instrumentais de análise química**. 6.ed. São Paulo: Editora Afiliada, 1996. 296 p.

FAROOQ, M.; LANDERS, A.J. **Interactive effects of air, liquid and canopies on spray patterns of axial-flow sprayers**. St. Joseph, MI: ASABE, 2004. (Paper, 1001).

FERREIRA, M.C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para o controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (g., 1939) em citros**. 2003. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FOX, R.D.; DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; BRAZEE, R.D.; SVENSSON, S.A. A history of air-blast sprayer development and future prospects. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 2, p. 405-410, 2008.

GONÇALVES, M.L.S.S. **Métodos instrumentais para análise de soluções, análise quantitativa**. 3.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 789 p.

HALE, O.D. Performance of air jets in relation to orchard sprayers. **Journal of Agricultural Engineering Research**, n. 23, p. 1-16, 1978.

HARDI. **Técnicas de atomização**. Dinamarca: Hartvig Jensen, 1993.

JACTO. **Manual de pulverizador Jatão 600 Export**. Pompéia: Máquinas Agrícolas Jacto, 2002. 34 p.

KNEWITZ, H.; WEISSER, P.; KOCH, H. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. **Aspects of Applied Biology**, p. 231-236, 2002.

KONNO, R.H.; FRANCO, C.R.; OMOTO, C. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestânicos em citros. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 4, p. 703-709, 2001.

LAW, S.E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during de 20th century. **Journal Electrostatics**, v. 51/52, p. 25-42, 2001.

MAGDALENA, J.C. **Efecto de la utilización de pulverizadores de flujo transversal e hidroneumático tradicional sobre la calidad de los tratamientos fitosanitarios en manzanos (*Malus domestica*, Borkh)**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Espanha.

MAGDALENA, J.C.; BALBUENA, R.; DI PRINZIO, A.P.; CAPURRO, J.A. Equipos para aplicación de agroquímicos. Propuesta de unificación de denominación y clasificación. In: _____. **Avances en Ingeniería Agrícola 1998/2000**. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, 2000. p. 150-156.

MAGNO JÚNIOR, R.G. **Desenvolvimento de sistema eletrônico para pulverização e atração de gotas em plantas cítricas**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

MESQUITA, A.L.S.; GUIMARÃES, F.A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo: Convênio Cetesb/Ascetesb, 1985. 442 p.

MOOR, B.A.; LANGENAKENS, J.; VEREECKE, E. Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers: aspects of applied biology. **Pesticide Application**, v. 57, 2000.

NUYTTENS, A.D.; BAETENSB, K.; DE SCHAMPHELEIREC, M.; SONCKA, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, v. 97, p. 333-345, 2007.

ODA, S.; BERTI FILHO, E. Incremento anual volumétrico de *Eucalyptus saligna* SM em áreas com diferentes níveis de infestação de lagartas de *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera, Geometriadae). **IPEF**, n. 17, p. 27-31, 1981.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J.L. **Técnica de la mecanización agraria**. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1989. 641 p.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.M.; RUIZ, J.L.; HERNANZY, F.J. **Las máquinas agrícolas y su aplicaciones**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 492 p.

PAI, N.; SALYANI, M.; SWEEB, R.D. **Adjusting airblast sprayer airflow based on tree foliage density**. St. Joseph, MI: ASAE, 2008. (Paper, 3653).

PALADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

POINTING, C. **A green history of the world**. Penguin Books, 1991. 430 p.

PROKOP M., KEJKLÍČEK R.: **Effect of adjuvants on spray droplet size of water**. Research in Agricultural Engineering, 48: 144–148. 2002

RAETANO, C.G.; SCUDELER, F.; BAUER, F.C.; VENEGAS, F.; VINCHI, R.R. Avaliação da cobertura de pulverização com diferentes equipamentos e condições operacionais na cultura do café. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2, 2001, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônômico, Centro de Mecanização e Automação Agrícola, 2001. 6 p.

RAMOS, H.H.; YANAI, K.; CORREA, I.M.; BASSANESSI, R.B.; GARCIA, L.C. Características da pulverização e citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 56-65, 2007.

REICHARD, D.; RETZER, H.; LILJELDAHL, L.; HALL, R. Spray droplet size distributions delivered by air blast orchard sprayers. **Transactions of the ASAE**, v. 20, n. 2, p. 232-237, 1977.

REICHARD, D.L.; FOX, R.D.; BRAZEE, R.D.; HALL, F.R. Air velocities delivered by orchard air sprayer. **Transactions of the ASAE**, v. 22, n. 1, p. 69-74, 1979.

RICHEY, C.B.; JACOBSON, P.; HALL, C.A. Economics of farm machinery. In: _____. **Agricultural engineers' handbook**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1961. Chapter 1, p. 1-17.

RODRIGUES, G.J. **Crítérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RUAS, R.A.A. **Tecnologia de aplicação de glyphosate para certificação de produtos agrícolas**. 2007. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RUAS, R.A.A.; CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M. Avaliação da uniformidade de distribuição de líquido e determinação da faixa de aplicação de um pulverizador pneumático tipo canhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2003.

SALYANI, M. A technique for stabilizing droplet spots on oil-sensitive paper **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 1, p. 45-48, 1999.

SALYANI, M.; FOX, R.D. Evaluation of spray quality by oil and water-sensitive papers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 1, p. 37-43, 1999.

SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, T.V.; FREITAS, M.F.; ZANUNCIO, J. C. Biologia comparada e consumo foliar de *Anisodes* SP. (Lepidoptera:Geometridae) em folhas novas e velhas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid (MYRTACEAE) E *Psidium guajava* L. (MYRTACEAE). *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.19, n.3, p.69 - 76, 2003.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, 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.

SKOOG, A.D.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T.A. **Princípios de análise instrumental**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 835 p.

SPECHT, A.; FORMENTINI, A.C.; CORSEUIL, E. Biologia de *Hylesia nigricans* (Berg) (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 1, p. 248-255, 2006.

TSAY, J.; FOX, R.D.; OZKAN, H.E.; BRAZEE, R.D.; DERKSEN, R.C. Evaluation of a pneumatic–shielded spraying system by CFD simulation. **Transactions of the ASAE**, v. 45, n. 1, p. 47-54, 2002.

VLADISAVLJEVIC, G.T.; SCHUBERT, H. Influence of process parameters on droplet size distribution in SPG membrane emulsification and stability of prepared emulsion droplets. **Journal of Membrane Science**, v. 225, p. 15-23, 2003.

WOMAC, A.R.; HART, W.E.; MAYNARD II, R.A. Drop spectra for pneumatic atomizers at low discharge rates. **Transactions of the ASAE**, v. 41, n. 4, p. 941-949, 1998.

YATES, W.E.; AKESSON, N.B.; COUTTS, H.H. Evaluation of drift residues from aerial applications. **Transactions of the ASAE**, v. 9, n. 3, p. 389-393, 1966.

ZANUNCIO, J.C.; LIMA, J.O.G. Ocorrência de *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer, 1856) (Lepidoptera: Lymantriidae) em eucaliptais de Minas Gerais. *Brasil Florestal*, v. 6, n. 23, p. 48-50, 1975.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)