

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
VALCIR ANTONIO LAUBER

**ADAPTAÇÃO DE PULVERIZADOR COSTAL PARA MELHORIA NOS  
PARÂMETROS DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS**

Curitibanos  
2019

**VALCIR ANTONIO LAUBER**

**ADAPTAÇÃO DE PULVERIZADOR COSTAL PARA MELHORIA NOS  
PARÂMETROS DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em  
Agronomia do Centro de Curitibanos da Universidade  
Federal de Santa Catarina como requisito para a  
obtenção do Título de Bacharel em Agronomia  
Orientador: Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti

Curitibanos

2019

Ficha de identificação da obra

Lauber, Valcir Antonio

Adaptação de pulverizador costal para melhoria nos parâmetros de aplicação de defensivos agrícolas. / Valcir Antonio Lauber ; orientador, Neilor Bugoni Riquetti, 2019. 32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. I. Bugoni Riquetti, Neilor. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

---

VALCIR ANTONIO LAUBER

**Adaptação de pulverizador costal para melhoria nos parâmetros de aplicação de defensivos agrícolas.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 25 de junho de 2019.

Prof. Dra. Elis Borcioni  
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Naiara Guerra  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

"Quando você perceber que, para produzir, precisa obter a autorização de quem não produz nada; quando comprovar que o dinheiro flui para quem negocia não com bens, mas com favores; quando perceber que muitos ficam ricos pelo suborno e por influência, mais que pelo trabalho, e que as leis não nos protegem deles, mas, pelo contrário, são eles que estão protegidos de você; quando perceber que a corrupção é recompensada, e a honestidade se converte em auto-sacrifício; então poderá afirmar, sem temor de errar, que sua sociedade está condenada".

Ayn Rand

Dedicado esse trabalho ao meu orientador: Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti, a minha família, minha namorada, meus amigos que sempre me ajudaram e me apoiaram durante esta jornada de aprendizado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para completar mais essa etapa de minha vida.

A meu pai, Valcir Alberto Lauber e minha mãe Dalcira Artifon Lauber, minhas irmãs Jusieli, Juliane, Jaqueline e Maria e Meus cunhados Celio e Flavio que estiveram sempre presentes me apoiando e me dando força.

Muito obrigado também à minha namorada, Gabriela Abatti, que compartilhou comigo esse momento, foi muito paciente em minhas ausências e me ajudou bastante me dando dicas e apoio moral, e me cobrando para o desenvolvimento deste e de todos os outros trabalhos da universidade.

A todos os professores da Universidade Federal de Santa Catarina, mas principalmente ao meu orientador, Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti por gentilmente ter me ajudado e me guiado no decorrer deste trabalho, me dando o suporte necessário para conseguir concluí-lo.

## RESUMO

O uso de pulverizadores costais manuais é comum em todas as propriedades rurais para a aplicação de defensivos agrícolas nas lavouras tendo controle dos agentes causadores de prejuízos, tornando viável a produção agrícola, uma vantagem do pulverizador costal manual é a possibilidade da pulverização dirigida nas áreas infestadas diminuindo a quantidade de produtos aplicados, também o risco da contaminação ambiental. Entretanto são escassos os trabalhos de pesquisa que avaliem as suas características de trabalho, como o efeito da alteração de pressão na uniformidade das gotas geradas na pulverização. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar quanto a pressão de trabalho influenciam no espectro de gotas e no volume de produto aplicado com pulverizadores costais manuais. Foram avaliados um pulverizador costal manual original e um com uma peça modificada com pressão entre 18 e 40PSI, 18 e 60PSI e 18 e 80PSI. As análises do perfil de distribuição dos jatos foram realizadas por papel hidrossensível analisados no software gotas e analisado pelo teste de Tukey ( $p < 0,10$ ). Os resultados mostram que não houve melhoria significativa na qualidade do espectro de gotas (AR) com a modificação do pulverizador e a melhor qualidade de aplicação foi obtida com o pulverizador modificado com 40 PSI de pressão máxima.

**Palavras-chave:** Pressão. Espectro de gotas. Papel hidrossensível.

## ABSTRACT

The use of manual costal sprayers is common in all rural properties for the application of agricultural pesticides in the crops having control of the agents causing damages, making agricultural production viable, an advantage of the manual costal sprayer is the possibility of directed spraying in the infested areas reducing the amount of products applied, also the risk of environmental contamination. However, there is scarce research that evaluates its work characteristics, such as the effect of pressure change on the uniformity of the droplets generated in the spray. In this way, the objective of this work was to evaluate how much the working pressure influences in the spectrum of droplets and in the volume of product applied with manual cost pulverizers. An original manual costal spray and one with a modified part with pressure between 18 and 40PSI, 18 and 60PSI and 18 and 80PSI were evaluated. The analyzes of the distribution profile of the jets were performed by hydrosensible paper analyzed in the software drops and analyzed by the Tukey test ( $p < 0.10$ ). The results show that there was no significant improvement in the droplet spectrum quality (AR) with the spray modification and the best application quality was obtained with the modified 40 PSI maximum pressure sprayer.

**Key words:** Pressure. Droplet spectrum. Hydrosensitive paper.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	13
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1	APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS .....	14
2.2	PULVERIZADOR COSTAL MANUAL .....	14
2.3	EFEITO DA PRESSÃO.....	16
2.4	ESPECTRO DE GOTAS .....	16
2.5	FORMAS DE AVALIAR O ESPECTRO DE GOTAS.....	17
2.6	PAPEL HIDROSSENSÍVEL .....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1	MODIFICAÇÃO DO PULVERIZADOR COSTAL MANUAL .....	19
3.2	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	20
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início do cultivo de lavouras, vendo os prejuízos causados por pragas, doenças e plantas daninhas, observou-se a necessidade do controle de agentes que causam estes prejuízos nas culturas. Palladini e Katsurayama (2005) vendo o aumento do uso de produtos fitossanitários, mão de obra e também o risco de contaminação ambiental, perceberam que é de extrema importância os equipamentos estarem em ótimas condições, bem regulados para que no menor espaço de tempo realizem os tratamentos.

Em pequenas propriedades são utilizados nos cultivos, máquinas menores e equipamentos manuais, como o pulverizador costal manual. Entretanto, este equipamento é comum também em propriedades de grande porte, sendo considerado para várias atividades, em trabalhos importantes ou para pequenos serviços, sendo difícil a propriedade rural que não possua ao menos um pulverizador costal manual (JUNIOR, 2018).

Segundo Ramos (2004), em áreas de agricultura familiar no Estado de São Paulo, os pulverizadores com alavanca manual representam em torno de 60% dos equipamentos utilizados. Isso porque ele pode ser usado em terrenos mais sinuosos e o custo para a aquisição de um pulverizador costal manual é baixo comparado com outros tipos de pulverizadores.

Segundo Baio (2013), o pulverizador costal manual tem muita variação de pressão em um tempo muito curto, gerando, uma variação na uniformidade da aplicação, no volume aplicado e no tamanho de gotas. Existe uma relação muito grande entre o tamanho de gota e a pressão para a formação da gota, se temos uma pressão alta o tamanho da gota vai ser pequeno tendo um maior cobertura do alvo propiciam maior capacidade de penetração, mais tendo um risco maior de perdas por deriva e evaporação, agora se temos uma pressão baixa temos gotas grandes e um menor cobertura do alvo, contudo há maior riscos de escorrimento de produto aplicado. Scudeler (2004) relata a necessidade de melhorar os equipamentos, para obtenção de maior eficiência da aplicação dos produtos fitossanitários.

Observando a desuniformidade nas gotas produzidas e o desperdício dos produtos fitossanitários aplicados pelo pulverizador costal manual, percebe-se a necessidade de aprimorar este equipamento. Assim será realizada duas melhorias no pulverizador costal manual através da adaptação de uma válvula para evitar pressões elevadas e outra para evitar pressões baixas, fazendo com que o pulverizador costal manual trabalhe em uma faixa de pressão mais estreita, aumentando a uniformidade do espectro de gotas produzidas, evitando problemas de deriva e escorrimento (SCUDELER, 2004).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O uso de pulverizadores costais por parte de produtores rurais é amplo e, principalmente em agricultura familiar, fundamental para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas bem como aplicação de micronutrientes via foliar. Para um eficiente controle e um baixo dano ambiental, é fundamental que o tamanho de gotas seja adequado para cada situação de alvo e condições climáticas no momento da aplicação.

Os pulverizadores costais apresentam uma ampla variabilidade na pressão, desde uma máxima que passa de 120 PSI até a pressão atmosférica. Com essa variação de pressão ocorre também a variação do tamanho das gotas pulverizadas, desde muito finas nas altas pressões (possibilidade de deriva e evaporação) e muito grossas nas baixas pressões (possibilidade de escorrimento). Estas variações no tamanho das gotas geradas fazem com que tenha perdas do produto aplicado não tendo o controle desejado do alvo.

Dessa forma, é necessário apresentar uma alternativa para minimizar a variação da pressão e com isso melhorar a qualidade da aplicação e diminuir os impactos ao ambiente.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Comparar a variação do espectro de gotas produzidas nas pressões máxima, média e mínima durante a aplicação com um pulverizador costal manual original e outro modificado.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Determinar o  $DV_{05}$ ,  $DV_{01}$  e  $DV_{09}$  da pulverização em diferentes pressões.

Comparar a amplitude relativa (AR) das gotas entre o pulverizador original e o modificado, nas diferentes pressões.

Determinar qual modificação apresenta melhores tamanhos de gotas para aplicação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS

Silva, Carolino e Gimenez (2015), citam que para a aplicação de defensivos agrícolas nas lavouras utiliza-se o pulverizador costal manual que é de extrema importância para a agricultura, tendo controle dos agentes causadores de prejuízos, tornando viável a produção agrícola.

Matuo (1990) afirma que a aplicação de defensivos agrícolas deve proporcionar a deposição do produto diretamente no alvo, em quantidades necessárias para ter o controle do que está causando prejuízo na cultura, de forma então econômica evitando o mínimo de contaminação de outras áreas que não sejam o alvo.

Para a Andef (2004) na aplicação de defensivos agrícolas devem ser considerados vários fatores como o alvo a ser atingido, as características do produto, a máquina, as condições ambientais e as características do produto utilizado. A relação desses fatores é responsável tanto pela eficiência como pela segurança das aplicações.

A uniformidade de distribuição volumétrica das gotas da calda é uma característica que serve de referência para verificar a distribuição do ingrediente ativo no alvo. Essa uniformidade é diretamente alterada pela pressão de trabalho (BAUER; RAETANO, 2004).

Pulverização: processo físico-mecânico de transformação de uma substância líquida em partículas ou gotas e Aplicação: deposição de gotas sobre um alvo desejado, com tamanho e densidade adequadas ao objetivo proposto.

Ponta é a peça onde desenha o formato que o jato vai ser e Bico é o conjunto todo (corpo do bico, filtro, anel de vedação, ponta de pulverização e capa).

### 2.2 PULVERIZADOR COSTAL MANUAL

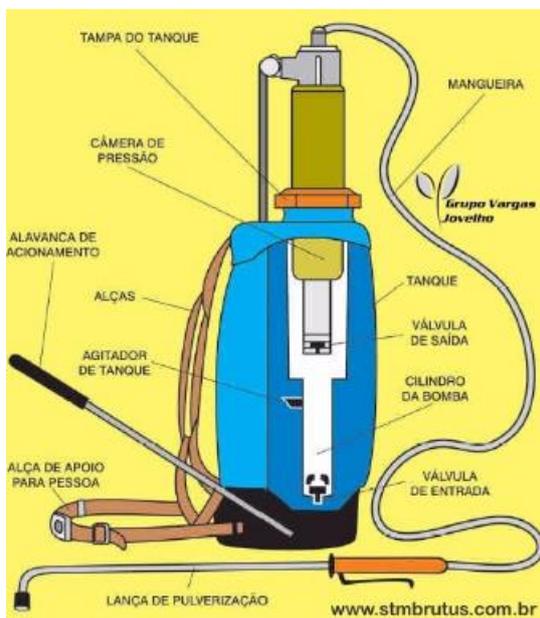
O pulverizador costal manual é um equipamento muito usado por pequenos, médios e grandes produtores, devido a seu baixo custo, agilidade de uso, permitindo a aplicação de diferentes produtos e culturas, áreas em reboleira e infestações localizadas (FREITAS, 2006).

Os pulverizadores costais manuais são frequentemente mais utilizados em pequenas propriedades para serviços em menor escala de aplicação (SASAKI, et al. 2013), uma vez que seu reservatório se limita a volume que varia de 5 a 20 litros.

O agricultor tem preferência por esse equipamento devido à fácil aquisição pelo baixo custo e versatilidade de uso. Entretanto, apresentam desvantagens relacionadas à sua utilização e o repetitivo esforço físico empregado nas aplicações (FREITAS, 2006)

O pulverizador manual costal consiste em um tanque com a capacidade de 5 a 20 litros, uma bomba de pistão e uma válvula com acionamento manual, para produzir a pressão. Pela baixa capacidade do seu tanque, é utilizado em áreas menores ou onde as máquinas maiores não podem transitar (MATUO, 1990).

Figura 1 – Ilustração do pulverizador costal manual.



Uma vantagem do pulverizador costal manual é a possibilidade da pulverização dirigida nas áreas infestadas diminuindo a quantidade de produtos aplicados, também o risco da contaminação ambiental e o contato dos produtos fitossanitários com o solo e com áreas das plantas que não estejam infectadas e no caso de pragas pulverizando somente elas (ANTUNIASSI, 1996).

Vicente, Coelho e Lopes Junior (1999) relatam que há uma necessidade de melhorar o pulverizador costal pois ele não tem um sistema eficiente que controle uma vazão constante, evitando perdas com deriva e com escorrimento do produto aplicado.

Segundo Chechetto (2011), para reduzir a formação de deriva, deve-se diminuir a quantidade de gotas finas, proporcionando mais segurança e qualidade das aplicações em condições operacionais e ambientais desfavoráveis.

Segundo Junior (2018) o modelo de distribuição do líquido pelas pontas de pulverização tem sido avaliado, comparando aos tipos de pontas de jato plano ou de “jato leque”, que apresentam padrão mais uniforme e simétrico do jato de pulverização, e resulta em menores riscos de perdas por deriva.

### 2.3 EFEITO DA PRESSÃO

De acordo com Cunha, Teixeira e Vieira (2005) existem vários tipos de pontas de pulverização, entre as mais usadas, destacam-se as de jato cônico vazio e as de jato plano, onde podem causar muita deriva dependendo da pressão. Para solucionar esse problema criaram as pontas com potencial antideriva que produz gotas de maior diâmetro fazendo com que tenha a menor deriva possível.

O jato leque ou jato plano comum são pontas com tendência de formar gotas de tamanho mais uniforme em função da pressão. São mais utilizadas em pulverizador costal manual quando não se prevê mudanças de pressão durante o trabalho com o pulverizador (ARYSTA; CARVALHO; RICCI, 2004).

As pontas de pulverização estão associadas com a precisão e a segurança na aplicação dos produtos fitossanitários. São responsáveis pela distribuição das gotas. O uso da ponta de pulverização inadequada ou que não esteja funcionando corretamente pode resultar em baixo desempenho pela deposição excessiva ou na necessidade de nova aplicação (RAMOS, 2001).

Para escolher a ponta deve ser considerado: o tipo de produto a ser aplicado, o tipo de aplicação, o modo de ação dos produtos, as condições meteorológicas (vento, temperatura e umidade relativa) e a presença de culturas sensíveis ao produto (JUNIOR, 2018).

À medida que se aumenta a pressão, reduz o tamanho de gota, Viana, et al. (2010) verificaram o mesmo comportamento em relação à distribuição volumétrica de pontas cônicas de baixa deriva.

### 2.4 ESPECTRO DE GOTAS

Antuniassi e Baio (2009), afirmam que o tamanho da gota é de fundamental importância para o sucesso na aplicação de defensivos agrícolas, influenciando sobre a intensidade de deposição no alvo e sobre as perdas por deriva.

Para Antuniassi (2005) as gotas produzidas por uma ponta (bico) são classificadas como: Muito finas, finas, médias, grossas e muito grossas. Para a classificação de uma determinada ponta usando-se o conceito, do DMV (diâmetro mediano volumétrico), deve ser comparado ao obtido por pontas de referência avaliadas utilizando-se o mesmo método de determinação do tamanho das gotas com o papel hidrossensível. Por exemplo, considerando-se um mesmo método de determinação de tamanho de gotas, se uma ponta obtém DMV inferior ao determinado para uma ponta 110/01 operando a 4,5 bar, a pulverização é classificada como “gotas muito finas”; por outro lado, se o DMV é intermediário entre o obtido por uma ponta 110/01 (operando a 4,5 bar) e uma ponta 110/03 (operando a 3,0 bar), a pulverização é classificada como “gotas finas”, e assim por diante.

Segundo Antuniassi (2005) a classe de tamanho de gotas ajuda na capacidade da pulverização em cobrir o alvo e infiltrar na massa das folhas. Gotas menores tem melhor capacidade de cobertura, assim como auxiliam na maior capacidade de penetração, e são importantes e recomendadas quando é necessária boa cobertura e boa penetração. Porém, gotas pequenas podem ser mais sensíveis a evaporação e aos processos de deriva. Em qualquer tipo de sistema de produção, as gotas grossas são mais usadas para aplicação de herbicidas de grande ação sistêmica utilizados para dessecação, como o glifosato, por exemplo, enquanto as gotas finas para inseticidas, fungicidas, e outros produtos de menor sistemicidade.

Os parâmetros de importância para a determinação da população de gotas são o diâmetro mediano volumétrico (DMV), a amplitude relativa (AR) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$ . São características que definem o potencial de deriva de gotas, a homogeneidade de gotas e o diâmetro característico das gotas originado por uma ponta de pulverização. Quanto maior o valor da amplitude relativa (AR), maior é a faixa de diâmetro das gotas pulverizadas. Espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa que tende a zero. Os valores de DMV e AR podem ser analisados juntamente para a caracterização da pulverização. O DMV é um valor de referência e não determina a dispersão dos dados em torno deste valor (FERREIRA et al., 2011).

## 2.5 FORMAS DE AVALIAR O ESPECTRO DE GOTAS

Para a interpretação dos dados gerados foi utilizado o software Gotas que é um sistema de avaliação de pulverização agrícola, um software desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária em parceria com a Embrapa Meio Ambiente, que permite analisar, amostras de

deposição de gotas em papel hidrossensível, utilizadas para calibração de pulverizações agrícolas. Com as amostras coletadas nos papéis hidrossensíveis o software automaticamente calcula a densidade da deposição, o tamanho real e a uniformidade das gotas, além do volume de calda depositado em litros por hectare, por meio da medição e contagem das manchas das gotas sobre o papel (CHAIM, NETO, 2000).

Para avaliar o espectro de gotas também é utilizado o analisador de gotas em tempo real. Esse analisador trabalha na medição da luz (feixe de raio laser) difratada durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem do aparelho (CUNHA; TEIXEIRA E FERNANDES, 2007). O equipamento dispõe de unidade óptica que detecta o padrão de difração da luz ao passar por um conjunto de partículas, apresentando capacidade de mensuração de gotas com diâmetro entre 0,5 e 1.000  $\mu$  m. O desvio que o feixe de laser sofre, depende do tamanho da partícula. Quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (JOÃO et al., 2007).

## 2.6 PAPEL HIDROSSENSÍVEL

O papel hidrossensível é tratado com uma camada de produto químico que quando em contato com a gotas da água eleve seu pH acima de 4,6 fazendo com que apareça manchas azuis muito nítidas (NASCIMENTO et al., 2013), sendo bastante utilizado para verificar a qualidade da aplicação, fazendo uma análise da uniformidade do tamanho e da distribuição das gotas.

Chaim, Maia e Pessoa (1999), falam que o uso de papel hidrossensível tem dificuldades na captura de gotas com diâmetros menores que 30  $\mu$ m. Já Hoffman e Hewitt (2005), citam que esse mesmo problema já acontece para a mensurações das gotas menores do que 50  $\mu$ m, pois estes volumes são insuficientes para fazer alteração no pH do papel. Esses problemas explicados pelos autores acima afirmam que podem acontecer erros em ensaio experimental quando se tem o aumento de pressão gerando gotas menores.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido dia 23 de janeiro de 2019 na área da Fazenda Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina, campus de Curitibanos, situado na Região do planalto do estado de Santa Catarina, as condições ambientais durante a realização dos ensaios não interferiram, uma vez que as análises foram realizadas em ambiente protegido (dentro do prédio da fazenda experimental) para evitar interferências externas.

Para a realização deste trabalho foi utilizado um pulverizador costal marca Jacto com 20 litros de capacidade e uma ponta de pulverização 110015 fabricada em cerâmica, com vazão variando de 0,51 a 0,84 litros por minuto nas pressões entre 15 a 60 (PSI).

Foram utilizados papéis hidrossensíveis da marca Syngenta com dimensões de 26x76 milímetros.

#### 3.1 MODIFICAÇÃO DO PULVERIZADOR COSTAL MANUAL.

Para a adaptação do pulverizador foi utilizado um regulador de pressão com manômetro marca Steula e modelo MINI RP-1000 com o objetivo de reduzir a pressão máxima de saída da calda e evitar a formação de gotas muito finas durante a pulverização e uma válvula antigotejo para evitar a formação de gotas muito grossas no final da pressão. O manômetro apresenta uma pressão máxima de trabalho de 180 PSI, sendo que o pulverizador em sua máxima pressão apresentou 120 PSI, servindo como parâmetro para as demais pressões máximas utilizadas no trabalho.

No pulverizador costal manual, foi realizada uma adaptação instalando uma válvula reguladora de pressão com manômetro para regular a pressão máxima de saída da calda de pulverização. Também foi adaptada uma válvula anti-gotejo para impedir que a pressão do sistema diminua até a pressão atmosférica (Figura 2).

A válvula antigotejo possui em seu interior uma mola que determina em qual pressão ocorrerá a interrupção da pulverização. Essa mola foi substituída por uma mola de maior resistência para interromper o fluxo quando a pressão chegar em, aproximadamente, 18 PSI pois a mola fechava com essa pressão.

Figura 2– Manômetro e válvula antigotejo utilizadas na adaptação.



### 3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Após a realização da adaptação, o pulverizador foi completado com água e fixado em cima de uma mesa, para que a pulverização ocorresse sempre na mesma altura. Foi utilizado um marcador para que a passagem do papel hidrossensível ocorresse sempre na mesma distância

da ponta 60cm. Ao invés de passar a ponta aplicando sobre os papéis, a ponta ficou fixa e os papéis foram passados sob a pulverização, para evitar que alguma gota atingisse os papéis adjacentes.

Para determinar o tempo entre uma coleta de gotas e outra com o papel hidrossensível, foi bombeada até atingir a pressão máxima na máquina e acionado o gatilho para a liberação do líquido e cronometrado o tempo que levou para terminar o fluxo do líquido sem aumentar a pressão novamente. Com o tempo cronometrado para cada tratamento então foi marcado o tempo certo em que seria passado os papeis no começo, no meio e no final de cada jato produzido. Por exemplo, se o tempo obtido foi de 20 segundos, o primeiro papel foi passado sob a pulverização com dois segundos após o início da liberação do jato (início); o segundo papel foi passado aos 10 segundos (meio); e o terceiro papel com 18 segundos após o início da liberação do jato (fim).

Para passar o papel hidrossensível foi adaptado um pegador feito de ferro onde pegava a menor área do papel possível, e foi passado procurando sempre manter a mesma velocidade possível.

Dessa forma, foi possível a realização dos seguintes tratamentos: T1= pulverizador original onde a pressão mínima é a pressão atmosférica e a pressão máxima 125PSI, T2= pulverizador modificado com pressão mínima 18PSI e máxima 40PSI, T3= pulverizador modificado com pressão mínima 18PSI e máxima 60PSI, T4= pulverizador modificado com pressão mínima 18PSI e máxima 80PSI. Tendo um esquema fatorial de 4X3 (4 pressões máximas 120, 80, 60 e 40 PSI e três tempos de coleta das gotas início, meio e final de cada tratamento). Foi feito 4 repetições para cada tratamento.

Logo após a coleta das gotas com os papéis hidrossensíveis esses eram colocados ao sol para secar, para depois serem digitalizados e analisados no software gotas para determinar, o DMV das gotas nas diferentes pressões.

O escaneamento foi realizado com uma resolução de 1200 dpi e as imagens foram analisadas pelo software “Gotas” elaborado pela Embrapa. Após a análise, o software apresenta, para cada papel analisado, os valores relativos a DV01, DV05, DV09, número de gotas, amplitude relativa, volume, densidade e cobertura.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância em um esquema fatorial 4x3 (4 pressões máximas e três tempos de coleta das gotas) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 10% de significância, com o auxílio do programa estatístico Sisvar.

Uma vez que a pulverização é constituída por gotas de diferentes tamanhos há a necessidade de analisar tecnicamente esta variável afim de obter sua quantificação e 14 comparar com outros sistemas de pulverização. A homogeneidade das gotas é calculada de acordo com o índice Span, ou amplitude relativa, a qual é calculada pela equação:

$$\text{Amplitude Relativa} = (DV_{0,9} - DV_{0,1}) / DV_{0,5}.$$

Quanto mais próximo a zero é o resultado desta equação mais homogêneo é a amostra de gotas que sai do bico/atomizador. Remetendo a ideia que menor é a diferença entre a maior e a menor gota encontrada na amostra.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando os resultados, nota-se que houve uma diferença significativa no número de gotas (valor para cada papel hidrossensível), implicando no mesmo comportamento dos dados na densidade de gotas (gotas cm<sup>2</sup>). Para as variáveis amplitude relativa, volume e cobertura os resultados se mostraram semelhantes, não diferindo estatisticamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de Gotas (NG) (n°), Amplitude relativa (AR), Volume (L/ha), Densidade (gotas/ cm<sup>2</sup>) e Cobertura (%) em relação aos 4 tratamentos.

Tratamentos	NG	AR	Volume	Densidade	Cobertura
Original	1677,0 ab	1,0014 a	25,63 a	58,2 ab	5,79 a
40 (PSI)	1479,0 a	0,9964 a	27,94 a	50,1 a	5,96 a
60 (PSI)	1973,3 b	0,9666 a	38,48 a	66,5 b	7,89 a
80 (PSI)	1980,0 b	0,9647 a	39,88 a	68,1 b	7,96 a
Dms	440,8	0,11	17,88	16,36	2,8
CV(%)	25,64	11,94	56,04	27,84	42,07

Minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 10%.

Os dados da Tabela 1 mostram que a modificação do pulverizador com a pressão máxima de 40 (PSI) diminuiu a densidade de gotas quando comparado com as pressões máximas de 60 e 80 (PSI). O pulverizador original apresentou valores intermediários, não diferindo estatisticamente. Esperava-se que quanto maior a pressão máxima de saída da água (pulverizador original), maior seria o número de gotas e, conseqüentemente, a densidade, pois à medida que se aumenta a pressão, diminui-se o diâmetro das gotas e aumenta-se o número de gotas. Essas inconformidades podem estar relacionadas ao excesso de pressão inicial no pulverizador produzindo gotas muito finas que não atingiram o alvo, reduzindo o número e a densidade de gotas interceptadas pelo papel hidrossensível.

Os mesmos parâmetros analisados em diferentes tempos transcorridos do início da pulverização apresentaram diferenças significativas, onde as coletas no início da pulverização apresentaram maior número de gotas, seguidas pela coleta na metade do tempo de duração do jato (meio) e por último, com menor número de gotas os dados coletados no fim da pulverização, quando a pressão era a mínima possível que permitia a formação do jato. O valor

da densidade de gotas apresentou comportamento semelhante ao número de gotas, pois são fatores dependentes (tabela 2).

A cobertura também apresentou um valor estatisticamente diferente, sendo que nas maiores pressões houve formação de maior número de gotas o que resultou em maior percentual de cobertura dos papéis.

Tabela 2 – Número de Gotas (NG) (n°), Amplitude relativa (AR), Volume (L/ha), Densidade (gotas/ cm<sup>2</sup>) e Cobertura (%) nos diferentes momentos de coleta dos dados (tempos).

Tempos	NG	AR	Volume	Densidade	Cobertura
Início	2399,3 a	0,993 a	47,33 a	84,2 a	9,68 a
Meio	1945,4 b	0,979 a	31,41 b	65,4 b	6,84 b
Fim	987,3 c	0,975 a	20,20 b	32,6 c	4,17 c
Dms	340	0,088	13,82	12,64	2,17
CV (%)	25,64	11,94	56,04	27,84	42,07

Minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 10%.

O volume pulverizado mostrou-se estatisticamente diferente em função aos tempos de coletas das gotas, sendo que no início da liberação da pulverização o volume pulverizado foi maior, em função da maior vazão advinda da pressão maior, (tabela 2) concordando com Junior (2018) que em seu trabalho mostra que a pressão de trabalho dos pulverizadores está diretamente associada com o tamanho das gotas, quanto maior a pressão menor o tamanho das gotas.

O diâmetro das gotas foi influenciado tanto pela pressão de saída quanto pelo momento de coleta das gotas, com interação significativa entre os fatores. O DV<sub>01</sub>, que representa um diâmetro de gota sob o qual 10% do volume total foi pulverizado, mostrou-se significativamente menor quanto maior a pressão inicial (tabela 3). À medida que a pressão foi diminuindo, houve redução significativo no valor, representando uma diminuição do potencial de risco de deriva, já que menor volume foi pulverizado com gotas muito finas (Tabela 3).

A modificação no pulverizador, independentemente da pressão máxima, resultou em uma diminuição do potencial de deriva, devido ao aumento no diâmetro de gota sob o qual 10% do volume foi pulverizado. Também se observa que apenas no início da pulverização com o pulverizador original há diferença significativa. Nos demais tempos de coleta não houve diferença, assim como nos tratamentos em que houve redução de pressão de saída da água,

indicando que a modificação tem um potencial para redução das perdas por deriva. Esses resultados estão de acordo com Camara et al. (2008) que observaram que o espectro de gotas de pontas hidráulicas de jato plano de faixa estendida apresentam percentagem de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  menor para a menor pressão utilizada (29 PSI), representado neste trabalho pelos dados coletados no fim da pulverização. Dados semelhantes foram encontrados por Bueno, Cunha e Roman (2013), onde o tamanho das gotas foi reduzido à medida que se aumentaram as pressões de 207 a 345 kPa, e de 414 a 552 kPa. Ferreira et al., (2009) e Viana et al., (2010), também estudando o espectro de gotas de pontas hidráulicas em diferentes pressões e composições de calda, observaram que o tamanho de gotas foi reduzido com o aumento da pressão.

Tabela 3 – DV01 entre diferentes pressões máximas e momento de coleta dos dados (tempos).

Tratamentos	Tempos		
	Início	Meio	Fim
Original	160,02 b A	176,20 a AB	206,62 a B
40 (PSI)	178,92 ab A	177,97 a A	205,64 a A
60 (PSI)	201,96 a A	180,47 a A	184,43 a A
80 (PSI)	204,15 a A	185,53 a A	181,19 a A

Maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 10%.

O DV05 que representa o diâmetro de gota no qual 50% do volume pulverizado foi com gotas maiores e 50% com gotas menores (também chamado de Diâmetro Mediano Volumétrico - DMV), mostrou um comportamento semelhante àquele observado com o DV01, mostrando que a modificação do pulverizador resultou em melhoria na qualidade da aplicação no início da liberação do jato (Tabela 4).

Tabela 4 – DV05 entre diferentes pressões máximas e momento de coleta dos dados (tempos).

Tratamentos	Tempos		
	Início	Meio	Fim
Original	294,8 a A	315,30 a AB	372,54 a B
40 (PSI)	314,03 ab A	319,25 a A	372,73 a A
60 (PSI)	377,07 b A	331,57 a A	325,50 a A
80 (PSI)	379,49b A	343,31 a A	329,76 a A

Maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 10%.

Os resultados para o DV09 (Tabela 5), que representa um diâmetro no qual 90% do volume foi pulverizado com gotas menores ou igual, apresentou mesmo comportamento que o DV01 e DV05. Para uma melhoria na qualidade da pulverização, é necessário que o DV09 seja mais próximo possível do DV01, indicando que há uma homogeneidade nos tamanhos de gotas produzidos e, dependendo dos diâmetros, há baixa perda por deriva, evaporação (gotas finas) e por escorrimento (gotas grossas).

No trabalho realizado por Cunha, Teixeira e Vieira (2005) observou-se que nas pontas de jato plano, os diâmetros característicos das gotas (Dv0,1, Dv0,5 e Dv0,9) diminuíram com o aumento da pressão e aumentaram com o incremento da vazão. Vitória e Leite (2014) analisando a diferença entre uma ponta nova e uma ponta usada perceberam que o diâmetro das gotas diminuiu com o aumento da pressão para (Dv0,1, Dv0,5 e Dv0,9). As pontas novas geram gotas menores que as usadas sobre a mesma pressão.

Tabela 5 – DV09 entre diferentes pressões máximas e momento de coleta dos dados (tempos).

Tratamentos	Tempos		
	Início	Meio	Fim
Original	465,18 a A	475,30 a A	582,30 a A
40 (PSI)	479,97 ab A	511,49 a A	589,39 a A
60 (PSI)	564,99ab A	511,80 a A	489,72 a A
80 (PSI)	617,82 b A	504,68 a A	482,47 a A

Maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 10%.

Para Bueno, Cunha e Roman (2013) com relação ao DV09, é perceptível a redução do diâmetro médio das gotas pulverizadas à medida que se aumentou a pressão de trabalho para as quatro pontas em estudo. Os diâmetros médios variaram de 554,60 a 879,48  $\mu\text{m}$  para gotas produzidas pelas pontas de jato plano duplo com indução de ar e de 206,76 a 318,37  $\mu\text{m}$  para as pontas de jato cônico vazio.

Pelos resultados mostrados acima notamos que não é viável trabalhar com o pulverizador costal manual sempre na máxima pressão e nem na mínima, temos que controlar e tentar trabalhar com ele sempre numa média pressão; também não é viável fazer a modificação do pulverizador costal manual devido seu custo benefício.

## 5 CONCLUSÃO

Não houve melhoria significativa na amplitude relativa (AR) com a modificação do pulverizador.

A melhor qualidade de aplicação foi obtida com o pulverizador modificado com 40 PSI de pressão máxima.

Com a modificação se obtém maior homogeneidade no espectro de gotas ao longo da aplicação.

## REFERÊNCIAS

- ABI-SAAB, O.J.G. **Avaliação de um sistema utilizado em videiras no município de Londrina/PR**. Botucatu: UNESP, 1996. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1996.
- ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Línea Criativa, 2004, 52p.
- ANTUNIASSI, U.R., BAILO, F.H.R, BIZARI, I.R. **Sistema de suporte a decisão para seleção de pontas de pulverização em sistemas de aplicação de defensivos** In: V Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2005, Londrina/PR. Agronegócio, Tecnologia e Inovação. Londrina/PR: SBI-Agro, 2005. v.1. p.1 – 2
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. **Tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Orgs.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 173-212
- ANTUNIASSI, R.U. **Viabilidade econômica dos sistemas manual e mecanizado de aplicação de herbicidas em ferrovias?**. 1996. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Botucatu SP, 1996.
- ARYSTA; CARVALHO; RICCI. **Manual de tecnologia de aplicação**. 2004. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Cogap – Comitê de Boas Práticas Agrícolas Associação Nacional de Defesa Vegetal, São Paulo, 2004.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Revista Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.
- BUENO, M; CUNHA, J; E ROMAN, R; **Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser**. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.34, n.5, p 976-985, set.out.2013.
- CAMARA, F. T.; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. D. C. **Volumetric distribution and spectrum of drops of hydraulic nozzles of plane jet of expanded strip XR11003**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 28, n. 4, 2008.
- 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.
- CHAIM, A; NETO; J. **Gotas. Programa de calibração de pulverização – Gotas**. São Paulo. 2000.
- CHECHETTO, R.G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. Dissertação - Mestrado (Energia na Agricultura), FCA/UNESP, Botucatu/SP, 2011. 70 p.
- CUNHA, J. P. A. R; TEIXEIRA, M. M; VIEIRA, R, F. **Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro**. 2005. 35 v. TCC

(Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Mg, 2005.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; FERNADES, H.C. **Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser.** *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, p. 10-15, 2007. Número especial.

FERREIRA, M.C.; FERNANDES, A.P.; ROMÁN, R.A.A. **Potencial de deriva das gotas grossas produzidas por pontas de pulverização de energia hidráulica, com caldas de diferentes adjuvantes.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38. 2009, Juazeiro, Petrolina. Anais... Juazeiro, Petrolina: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2009. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M. et al. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 697-705, 2011.

FREITAS, C. S. **Análise ergonômica da atividade com pulverizador costal manual na cultura do café no município de Caratinga - MG.** 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga, Caratinga, 2006.

GABRIEL, R. R. F, BAIO, F, H, B. **Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO 2.** 2013. 43 v. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Goiânia, 2013

JOÃO P. A. R. DA CUNHA<sup>1</sup>, MAURI M. TEIXEIRA<sup>2</sup>, HAROLDO C. FERNANDES. **Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser.** *Eng. Agric.*, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.10-15, jan. 2007.

HOFFMAN, W.C.; HEWITT, A.J. Comparison of three imaging systems for water sensitive papers. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 21(6): 961-964, 2005.

JUNIOR, Alcides. **Influência da pressão e da ponta de pulverização na distribuição de caldas e pulverizadores costais manuais.** Universidade Estadual Paulista UNESP, 2018.

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

NASCIMENTO, A.B. et al. Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação. **Semina**, v. 34(6): 2687-2696, 2013.

PALLADINI; KATSURAYAMA, Y. **Aplicação de produtos fitossanitários.** In: encontro nacional sobre fruticultura de clima temperado, 8. 2005, Fraiburgo-SC. Anais... Caçador: Epagri, 2005.

RAMOS, H. Mecanização: **aliados na aplicação.** Caderno Técnico Máquinas, Campinas, n. 27, p. 20-23, 2004.

RAMOS, H. H. **Perdas ligadas à má aplicação de agrotóxicos.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA E APLICAÇÃO DE AGROTOXICOS: Eficiência,

Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 2. 2011, Jundiaí. Anais..., Jundiaí: Sintag, 2001.

SASAKI, R. S.; MARTINS TEIXEIRA, M.; EDUARDO NOGUEIRA, L.; BATISTA DE ALVARENGA, C.; MORAIS DE OLIVEIRA, M. V. Desempenho operacional de um pulverizador costal elétrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 339–342, 2013

SCUDELER, F. et al. **Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais**. Bragantina, Campinas, v. 63, n. 1, p. 129-139, 2004.

SILVA; CAROLINO, GIMENEZ. **Análise e avaliação da tecnologia de aplicação de defensivo agrícola na cultura da lichia**. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Revista Científica Eletrônica de Agronomia, 2015.

VIANA, R.G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M.C.; TEIXEIRA, M.M.; ROSELL, J. R.; MACHADO, A.F.L. **Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva**. Revista Planta Daninha, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

VICENTE, M. C. M.; COELHO, P. J.; LOPES JUNIOR, A. **Programa de segurança e saúde do trabalhador rural: banco de dados**. São Paulo: [s. n.], 1999. 1 CD-ROM.

VITÓRIA, Edney. LEITE, Jorge. **Espectro de gotas de pontas de pulverização de jato cônico vazio**. Goiânia, v.10, 2014.