DIEGO SICHOCKI

METODOLOGIA DE INSPEÇÃO DE PULVERIZADORES HIDRÁULICOS E HIDROPNEUMÁTICOS NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA-MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* de Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae.*

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca UFV - Campus de Rio Paranaíba

T
S565m
2013

Sichocki, Diego, 1987-
Metodologia de inspeção de pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na Região do Alto Paranaíba-MG / Diego Sichocki. – Rio Paranaíba, MG, 2013.
67 f. : il. (algumas color) ; 29cm.

Orientador: Renato Adriane Alves Ruas.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Pulverização -- Técnicas e equipamentos.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 632.94

DIEGO SICHOCKI

METODOLOGIA DE INSPEÇÃO DE PULVERIZADORES HIDRÁULICOS E HIDROPNEUMÁTICOS NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA-MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* de Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae.*

APROVADA: 19 de março de 2013.

Professor Pedro Ivo Vieira Good God (Co-orientador)	Professor Luciano Baião Vieira

Professor Mauri Martins Teixeira

Professor Renato Adriane Alves Ruas (Orientador)

DEDICO

Aos meus pais,

Nari Sergio Sichocki e Lenir Salete Milesi Sichocki.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pai de infinita bondade.

À Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, pela oportunidade de realizar o Curso de Pós Graduação.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Renato Adriane Alves Ruas, pelo apoio em momentos de dificuldade, orientação, ensinamentos, conselhos e amizade.

Ao professor Pedro Ivo Good God e ao colega Valderí de Castro Alcântara pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos meus pais, Nari e Lenir, que sempre me apoiaram na vida acadêmica e sempre serão exemplos a serem seguidos por mim.

Aos colegas de república, grandes amigos, Cícero, Diogo e Roney pelo companheirismo.

Aos amigos Luciel, Myller, Eduardo, Bruno Monteiro, Eduardo, Vinícius Boaventura, Rafael Pereira pelas sugestões, auxílio e amizade.

Aos amigos da UNEMAT, Luciano, Janderson, Marcelo e William, que sempre foram companheiros nos momentos de dificuldade.

Aos pesquisadores Maurício Conrado Meyer, Flávio Jesus Wruck, Fernando Storniollo Adegas e ao professor Ary Gertes Carneiro pelo apoio no ingresso no programa.

A todos os produtores ou responsáveis por propriedades que colaboraram com a realização do projeto, abrindo as portas de suas propriedades para a avaliação dos pulverizadores.

À Comercial Agrícola São Gotardo, Fazenda Platô Azul, Fazenda Olhos d´água e Coopadap que disponibilizaram transporte para nossa equipe para a realização das avaliações.

A todos, que de uma forma ou outra, contribuíram na conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO vii

ABSTRACT ix

1. INTRODUÇÃO 12

2. OBJETIVOS 16

3. MATERIAL E MÉTODOS 17

3.1. Seleção das máquinas avaliadas 17

3.2. Classificação dos pulverizadores avaliados 17

3.3. Materiais utilizados nas coletas 17

3.4. Procedimentos de inspeção 18

3.4.1. Avaliações qualitativas em pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos ... 22

3.4.2. Avaliações quantitativas em pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos . 27

3.4.3. Avaliação quantitativa em pulverizadores hidráulicos 30

3.4.4. Avaliações quantitativas em pulverizadores hidropneumáticos 32

3.5. Elaboração dos relatórios 35

3.6. Análise estatística 35

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 37

4.1. Avaliações comuns entre pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos 37

4.1.2. Avaliação da condição do equipamento 42

4.1.3. Avaliação da calibração 50

4.2. Resultados obtidos nas avaliações nos pulverizadores hidráulicos 54

4.2.1. Percentual de deriva 54

4.2.2. Uniformidade de distribuição volumétrica de líquido 56

4.2.3. Alinhamento das barras de pulverização 56

4.3. Resultados obtidos em pulverizadores hidropneumáticos 57

4.3.1. Uniformidade de distribuição volumétrica de líquido 57
4.3.2. Vazão de ar gerada pela turbina e índice de volume de pulverização 58
4.3.3. Conservação dos dutos de condução de ar 60
4.4. Classificação das condições operacionais dos pulverizadores 60
5. CONCLUSÕES 61
REFERÊNCIAS 63

RESUMO

SICHOCKI, Diego, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Metodologia de inspeção de pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na região do Alto Paranaíba-MG**. Orientador: Renato Adriane Alves Ruas. Co-orientadores: Alberto Carvalho Filho e Pedro Ivo Good God.

Os problemas relacionados à aplicação de agrotóxicos vão além das recomendações destes. Estudos realizados em países europeus e também no Brasil apontam as condições operacionais dos pulverizadores como fator imprescindível na qualidade das pulverizações. Objetivou-se com esse trabalho, inspecionar os pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na Região do Alto Paranaíba-MG, a fim de se verificar a qualidade da mão de obra, da condição dos pulverizadores e da calibração. Foram avaliados 60 pulverizadores, sendo 30 pulverizadores hidráulicos e 30 hidropneumáticos. O processo de avaliação constitui-se da aplicação de questionário dividido em três partes, com as seguintes pontuações máximas: mão de obra (150), condições do equipamento (300) e calibração (150). No fator mão de obra, foi avaliada a segurança na aplicação, os conhecimentos necessários para a prática da pulverização, conhecimento e uso de aparelhos para monitoramento climático e cuidados com o pulverizador. Em relação ao equipamento, foi avaliado o estado das mangueiras, filtros, tanque de depósito, barras, ventilador, tacômetro, manômetro, pontas, lavador de embalagens, reservatório de água limpa, proteção de partes móveis, uniformidade de distribuição volumétrica, ângulo das pontas e nível de ruído. Na calibração, foi avaliada a rotação da tomada de potência, vazão de calda, escolha de pontas e filtros, presença de mais de um jogo de pontas, pressão de trabalho, percentual de deriva, volume de ar gerado pela turbina e adoção de procedimentos para monitoramento das condições climáticas. Utilizou-se a análise discriminante para se determinar qual fator interfere mais na nota final da pulverização. Para a determinação da variável que mais interferiu no percentual de deriva, utilizou-se regressão linear múltipla. Para determinar a uniformidade da distribuição volumétrica em hidropneumáticos, após a avaliação do equipamento, verificou-se o volume de vegetação na lavoura, a fim de correlacionar o volume de vegetação com volume percentual de calda depositada nas plantas. Para isso, utilizou-se o teste de qui-quadrado, que analisa a frequência esperada e a observada,

onde foi considerada a frequência observada o volume de vegetação e a esperada o volume percentual de calda depositada. Para se analisar a correlação da rotação da TDP com o volume de ar gerado pela turbina, utilizou-se a Correlação de Pearson. O fator que mais contribui para a nota final da qualidade da pulverização foi a calibração. Na avaliação da mão de obra, o item que mais interfere é a presença de equipamentos para avaliação das condições climáticas. No fator equipamento, o item que mais influenciou foi o nível de ruído, seguido pelo eixo cardan desprotegido e vazamentos em mangueiras. No fator calibração, o item que mais interferiu foi o monitoramento das condições climáticas. Os manômetros apresentaram-se em melhor condição operacional nos pulverizadores hidráulicos. Em 70% dos pulverizadores hidropneumáticos ocorreu desuniformidade na distribuição volumétrica. Metade dos pulverizadores não aplica o volume de calda recomendado.
PALAVRAS-CHAVE: calibração, condições operacionais, mão de obra, pulverização, tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

SICHOCKI, Diego, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Methodology inspection of the bomm hidraulic and air assisted and sprayers in the region of the Alto Paranaíba-MG**. Adviser: Renato Adriane Alves Ruas. Co-adviser: Alberto Carvalho Filho e Pedro Ivo Good God.

The problems related to pesticide application go beyond these recommendations. Studies in European countries and Brazil, indicate the operating conditions of sprayers as an indispensable factor in the quality of spraying. The objective of this study was to inspect boom and air assisted sprayers in the Alto Paranaíba-MG region in order to verify the quality of the workmanship, equipment condition and calibration. Were evaluated 60 sprayers, 30 boom sprayer and 30 air assisted sprayers. The process of evaluation was composite application of a questionnaire divided into three parts, with the maximum scores: workmanship (150), conditions of the equipment (300) and calibration (150). Thus, the spray operation in perfect condition reach a final note equals 600. In the workmanship, was evaluated for safety in applying, the knowledge necessary for the practice of spraying, knowledge and use of equipment for climate monitoring and care with the sprayer. In the equipment condition, was rated the condition of hoses, filters, storage tank, boom, fan, tachometer, manometer, nozzles, packing washer, water clean tank , protect mobile parts, uniform volumetric distribution, angle of the nozzles and noise level. In the calibration, was evaluated the rotation of power take-off, flow of spray solution, choice of nozzles and filters, the presence of more than nozzles models, work pressure, percentage of drift, air volume generated by the turbine and adoption procedures for monitoring climatic conditions. Was used discriminant analysis to determine which factor affects more on the final spraying. To determine the factor that most affect the percentage of drift, was used multiple linear regression. To determine the uniformity of the distribution volumetric air assisted sprayer after evaluation of the equipment, it is the volume of vegetation in crops, in order to correlate the volume with vegetation volume percentage of spray deposited on the plants. For this, was used the chi-square test, which analyzes the observed and expected frequency, where the frequency observed was considered the volume of

vegetation and the expected volume percentage of solution deposited. To analyze the correlation of the rotation of the PTO to the volume of air generated by the turbine was used the Pearson's Correlation. The factor that contributes most to the final note was spray calibration. In the workmanship, the item that most interferes is the presence of equipment for climate evaluation. In the equipment condition, the item that was most influenced the noise level, followed by the mobile parts unprotected and leakages in hoses. In the calibration, the item that was most interfered monitoring of climatic conditions. The manometers showed up in better operating condition in boom hydraulic sprayers. In 70% of air assisted sprayers there uneven distribution volume. Half of sprayers does not apply the spray volume recommended.
KEYWORDS: calibration, operating conditions, workmanship, spray technology.

1. INTRODUÇÃO

A Região do Alto Paranaíba destaca-se no cenário agrícola nacional pela sua elevada e diversificada produtividade agropecuária. Isso ocorre, sobretudo, em função das vastas extensões de terras mecanizadas, clima favorável e visão empresarial adotada por grande parte dos produtores agrícolas.

A região é responsável por aproximadamente 50% da produção de cenoura do País (VIEIRA, 2003), com produtividades de 47,3 ton ha^{-1} para a safra de verão e 76, 3 ton ha^{-1} para a safra de inverno (DELEO et al., 2011). A produção de batata inglesa representa 42% da produzida no Estado de Minas Gerais com produtividades superiores a 40 ton ha^{-1}. Produtividade relativamente alta se comparada com a média nacional que é de 23,4 ton ha^{-1} (IBGE, 2010). A região é responsável, ainda, pela produção de 73% do alho, 21% do milho, 22% da soja, 14,2% do feijão, 84% da cebola do Estado de Minas Gerais (IBGE, 2010). A produtividade de café na região é de 33,86 sacas ha^{-1}, muito acima da média do estado de Minas Gerais, que é de 25,80 sacas ha^{-1} (Conab, 2012). Não raro, as altas produtividades são obtidas à custa do uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos, que, quando mal empregados, podem comprometer sobremaneira a sustentabilidade de todo o processo produtivo.

A utilização de agrotóxicos para manter os bons níveis de produtividade na agricultura convencional torna-se indispensável atualmente, uma vez que, a incidência de pragas, doenças e plantas daninhas é expressiva. Para a realização da aplicação desses produtos, geralmente faz-se uso de pulverizadores hidráulicos, dotados de barras com pontas hidráulicas distribuídas ao longo de seu comprimento. Outro pulverizador muito utilizado é o pulverizador hidropneumático, que, além de possuir pontas hidráulicas, contam com uma cortina de ar para conduzir as gotas até o alvo (MATUO, 1990). Os pulverizadores hidráulicos são mais usados em culturas anuais e os hidropneumáticos em culturas perenes.

O emprego desses equipamentos deve ser feito de forma criteriosa, procurando fazer com que o produto atinja o alvo no momento certo, na quantidade correta, com o mínimo de contaminação de outras áreas e sem esquecer o lado econômico da aplicação. Para tanto, os pulverizadores devem se encontrar em boas condições de uso e serem

operados por pessoas treinadas, sob pena de causarem sérios danos às lavouras, ao meio ambiente e à lucratividade, se mal utilizados.

Uma maneira de estimular produtores e técnicos a manterem seus pulverizadores em condições adequadas de uso é por meio da realização obrigatória de inspeções periódicas. Em alguns países da Europa isso já é uma realidade (GANZELMEIER e RIETZ, 1998). Um dos países pioneiros nesse tipo de inspeção foi a Alemanha, que desde 1960 realiza inspeções para se garantir a qualidade da aplicação (REICHARD et al., 1991). Ganzelmeier e Rietz (1998) afirmam que entre 19 países analisados, 14 adotam esses procedimentos em pulverizadores de barras e 11 em pulverizadores hidropneumáticos.

A inspeção obrigatória na Alemanha já ocorre desde 1993, e entre 2006 e 2008 foram inspecionados 72.806 pulverizadores hidráulicos. Nessas inspeções, pulverizadores que não se enquadram em condições técnicas adequadas de uso, são proibidos de operar por apresentarem sérios riscos às pessoas e ao meio ambiente. Nesse país é onde se realiza a inspeção de forma mais compulsória.

A realização de inspeções periódicas de pulverizadores é mais recente no Brasil e não é instituída por lei. Em 1998, FEY realizou o primeiro trabalho onde se avaliou a condição de pulverizadores de cooperados de uma cooperativa do Estado do Paraná e encontrou condições inadequadas de funcionamento nos manômetros. Em estudo mais recente, SILVEIRA et al. (2006), avaliaram pulverizadores hidráulicos no Município de Cascavel-PR, e constataram que apenas 17% desses pulverizadores apresentavam boas condições de manutenção e qualidade de aplicação.

Atualmente, a inspeção em pulverizadores hidropneumáticos é feita no Estado de Santa Catarina no cultivo da maçã. Os pulverizadores são inspecionados por técnicos ligados a órgãos de pesquisa públicos, e, se o equipamento for considerado apto, recebe um selo de certificação. Essas inspeções são vinculadas ao sistema de Produção Integrada de Frutas (PIF), que confere maior qualidade e confiabilidade às frutas certificadas por este programa. Com estas inspeções, em Friburgo-SC foi constatado que, em média, os hidropneumáticos aplicam 12,6% além do volume de calda realmente desejado em função do desgaste das pontas hidráulicas (KREUZ, et al., 2002).

Em países Europeus, como na Bélgica, essas inspeções são feitas obrigatoriamente nos hidropneumáticos desde 1995 e entre 2006 e 2008 foram avaliados 729 equipamentos, sendo que entre estes, alguns apresentavam defeitos que podiam levar à proibição de sua utilização (WHEMANN, 2009).

Os pulverizadores hidropneumáticos são os mais utilizados em culturas perenes, por serem de fácil operação e efetivos no controle de pragas e doenças. Entretanto, para Holownicki et al., (2000) a pulverização com pulverizadores hidropneumáticos se caracteriza como um processo ineficiente, devido às perdas ultrapassarem mais da metade dos agrotóxicos aplicados. Desta forma, torna-se muito importante o constante monitoramento das aplicações em tais equipamentos.

Apesar de ser muito importante para o processo de produção agrícola, em geral, pouca atenção tem sido dada à qualidade dos equipamentos empregados nas aplicações de agrotóxicos no Alto Paranaíba, o que pode reduzir a eficácia de certos tratamentos. Muitas vezes, esses problemas são omitidos devido ao elevado rendimento das lavouras comumente produzidas na região. Entretanto, todo o ônus das aplicações mal realizadas fica para o meio ambiente, comprometendo seriamente a sustentabilidade do sistema produtivo a médio e longo prazo. Deficiências em pulverizadores podem induzir à recomendações de doses superiores às necessárias para um bom controle, podendo resultar em aumento dos custos de produção, dos impactos ambientais e da contaminação dos alimentos consumidos pela população. Esse cenário é agravado pela falta de pesquisas sobre os processos mecanizados em geral na região.

A quantidade de produto pulverizado pelos diversos equipamentos empregados nas aplicações deve ser uma preocupação constante pelos responsáveis pela produção e pelos consumidores desses produtos agrícolas. Exposição de níveis de agrotóxicos abaixo dos níveis estabelecidos pelas pesquisas científicas, não causam danos à saúde humana (MENTEN, 2011).

O sucesso de um programa de tratamento fitossanitário na agricultura, sem sombra de dúvidas é dependente do uso de produto com eficácia comprovada e de tecnologia desenvolvida para sua aplicação. Dessa forma, é preciso que se estabeleçam métodos de controle das aplicações de agrotóxicos, principalmente no que diz respeito às máquinas aplicadoras (ALVARENGA e CUNHA, 2010). Entretanto, há de ressaltar que a mão de obra envolvida no processo também é fator primordial para a qualidade das pulverizações. Não raro, maior atenção tem sido dada às condições operacionais e não ao grau de instrução e preparação dos trabalhadores responsáveis pela pulverização. Para Schröder (2004), pouco valor terá uma máquina sofisticada se ela não for operada por profissional habilitado para seguir as especificações técnicas. O mesmo autor relata que procedimentos operacionais e equipamentos adequados são os pilares que

sustentam as modernas aplicações de agrotóxicos com o objetivo de impacto ambiental reduzido.

A manutenção, regulagem e calibração das máquinas agrícolas devem ter atenção especial nas rotinas de pulverização. Lanças et al. (1998) afirmam a importância da manutenção adequada das máquinas agrícolas para que executem suas funções operacionais de forma mais eficiente, interferindo diretamente no lucro da empresa. Citam também a inspeção como a parte mais importante de todo o programa de manutenção preventiva, uma vez que as condições operacionais das máquinas podem ser realizadas frequentemente. Machado (2001) reforça a importância da manutenção como alternativa para que máquinas agrícolas executem suas tarefas com excelência e também com intuito de conservar a máquina nas condições mais próximas das ideais de operação. Assim, os equipamentos de aplicação de agrotóxicos devem ser revisados e calibrados, periodicamente, para melhorar a qualidade da aplicação, reduzindo perdas de produtos e a contaminação do ambiente.

Dentre as diversas vantagens obtidas com a inspeção de pulverizadores, pode-se citar a provável redução dos níveis de resíduos de agrotóxicos nos alimentos, além da possibilidade de maior retorno financeiro, e redução de perdas.

Portanto, acredita-se que o levantamento dos dados referentes à situação dos pulverizadores na Região do Alto Paranaíba, poderá contribuir para a realização de um mapeamento mais detalhado sobre a qualidade dos pulverizadores nas principais regiões agrícolas do Brasil. Isso, certamente será um passo importante para a implantação de políticas que busquem tornar obrigatórias as inspeções periódicas de pulverizadores, visando à produção de alimentos mais saudáveis, redução de custos de produção e menores quantidades de agrotóxicos depositados no meio ambiente.

Em virtude do exposto, torna-se muito importante estabelecer metodologia adequada para avaliar a qualidade das pulverizações comumente realizadas no Alto Paranaíba, por meio do estabelecimento de rotina de inspeção que seja de fácil execução e apresente resultados confiáveis. Acredita-se que, para isso, seja necessário analisar separadamente os principais fatores envolvidos na aplicação, a fim de se verificar qual deles possui mais importância em todo o processo. Consequentemente, isso possibilitaria a implantação de ações específicas voltadas para a solução dos eventuais problemas.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as condições operacionais de pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na região do Alto Paranaíba e levantar os componentes que mais interferem na qualidade das pulverizações a fim de se propor ações que busquem o aprimoramento da tecnologia de aplicação na região.

Como objetivos específicos, têm-se;

- Avaliar a qualidade da mão de obra, as condições operacionais e o processo de calibração envolvido no processo de pulverização com pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na Região do Alto Paranaíba – MG;
- construir bancada para avaliação da distribuição volumétrica em pulverizador hidropneumático;
- determinar qual fator interfere de forma mais expressiva na qualidade final das pulverizações do Alto Paranaíba;
- adaptar metodologia de inspeção de pulverizadores para a região do Alto Paranaíba.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Seleção das máquinas avaliadas

Foram avaliados sessenta pulverizadores na região do Alto Paranaíba-MG entre os meses de maio e outubro de 2012. A seleção dos pulverizadores foi feita a partir de lista pré-estabelecida.

Previamente à avaliação, foi estabelecido contato com o produtor ou então com o responsável pelo pulverizador e, em seguinte, foi agendada a inspeção dos pulverizadores. Após a verificação da disponibilidade da equipe da fazenda e da permissão cedida, a equipe de pesquisa responsável pela coleta de dados se deslocava para a realização das inspeções.

Deu-se preferência aos pulverizadores que estavam realizando pulverização, ou então que estivessem sem realizar pulverização há poucos dias. Essa condição foi levada em consideração justamente para se verificar o real estado de conservação dos equipamentos durante as aplicações.

3.2. Classificação dos pulverizadores avaliados

Os pulverizadores avaliados foram divididos em dois grupos em função da forma com que as gotas são conduzidas até o alvo. O primeiro grupo foi composto por pulverizadores hidráulicos, ou seja: contam somente com a energia da ponta para conduzir a gota até o alvo, sendo denominados “hidráulicos” de jato projetado, e são amplamente utilizados em culturas anuais. O segundo grupo foi composto por pulverizadores “hidropneumáticos”, sendo aqueles que, além da energia imposta à gota pela ponta hidráulica, contam ainda com assistência de ar gerada por uma turbina que força a condução das gotas até a vegetação, geralmente composta por culturas perenes.

3.3. Materiais utilizados nas coletas

Para a realização das inspeções nas propriedades rurais, foram empregados os seguintes equipamentos: balança digital com capacidade para 15 kg e resolução de 5g;

mesa manométrica com manômetro de precisão equipada com manômetro padrão Classe A3 com precisão de 0,25%, escala de 0 a 200 bar e divisão de 1 bar; mesa horizontal para avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica em pulverizadores hidráulicos e vertical para hidropneumáticos; anemômetro com capacidade de 108 km h^{-1} e resolução de 0,1 km h^{-1}; psicrômetro para temperatura de até 50°C e resolução de 0,1 °C; dois copos graduados com capacidade de 2L e resolução de 10 ml; 50 baldes com capacidade de 5 L; 20 garrafas PET; fita métrica de 50 metros; cronômetro digital e conjunto de ferramentas manuais. Todo o material era devidamente organizado, protegido em caixas e alocados em veículo com capacidade de carga suficiente para o transporte até as fazendas (Figura 1).

Figura 1 - Equipamentos utilizados para a realização das inspeções nas fazendas.

3.4. Procedimentos de inspeção

Após a permissão cedida para a inspeção do pulverizador, aplicava-se um questionário ao proprietário ou responsável pelo pulverizador com o objetivo de coletar informações relacionadas à área da propriedade e as culturas cultivadas no estabelecimento rural. Posteriormente, eram instalados os equipamentos de monitoramento climático. Em seguida, foram coletados os dados referentes ao pulverizador e propriedade (Quadro 01).

Quadro 01 - Informações gerais da propriedade e do pulverizador a ser inspecionado

Informações da Propriedade			
Nome da Propriedade:	**Condições climáticas** Data: Horário:		
Nome do Proprietário:			
	UR%: T °C: Vento:		
Município:	Contato:		
Culturas:	Tamanho da área:		
Endereço para correspondência:			
Coordenadas Geográficas:			
Água utilizada nas pulverizações			
Origem: Tubulação:	Material do depósito:		
Informações do Pulverizador			
Tipo:	Modelo:	Marca:	Ano de fabricação:
Cód. de identificação:	Sistema de engate:		Capacidade do depósito:
Dispositivo de agitação:	Locais com filtros:		
Informações da Bomba			
Tipo:	Modelo:	Fabricante:	Pressão nominal:
Acionamento:	Potência:	Rotação:	Vazão à pressão nominal:
Informações das Barras e Pontas			
Número de seções:	Número de bicos:	Comprimento da barra:	
Tipo de ponta:	Vazão da ponta:	Fabricante:	
Material de fabricação da ponta:	Modelo da ponta:	Taxa de aplicação:	

Os resultados da inspeção foram anotados em questionário elaborado para os pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos, pelo fato de haver avaliações inerentes a cada tipo. A pontuação de cada item variou entre 0 e 15, onde 0 representou item ausente ou inadequado e 5, 10 ou 15 representou item presente ou adequado. Cada item avaliado podia comprometer a pulverização de forma diferenciada, por isso, a pontuação variou entre um item e outro.

A pontuação máxima alcançada por um pulverizador totalizava 600 pontos para ambos os tipos. Nesta pontuação os pontos foram divididos entre três fatores: mão de obra, equipamento e calibração. Na avaliação da mão de obra o pulverizador podia alcançar nota máxima de 150 pontos (Quadro 02). Na avaliação da calibração, a pontuação máxima podia alcançar 150 pontos (Quadro 03) e para a condição do equipamento, a nota máxima podia alcançar 300 pontos (Quadro 04).

Quadro 02 - Modelo de questionário utilizado para avaliação da mão de obra envolvida na pulverização

Itens avaliados		Nota total
Segurança na aplicação	Usa EPI	10
	Sabe como proceder com lavagem	10
	Limpa com pincel as pontas e mangueiras	10
Conhecimentos necessários para a prática de pulverização	Sabe ler e escrever	10
	Fez Algum curso nos 02 últimos anos	10
	Conhece sobre os riscos da deriva	10
	Conhece os procedimentos de calibração	10
	Sabe calcular a vazão adequada	10
Condições meteorológicas para aplicação	Sabe a faixa de temperatura adequada	10
	Sabe a faixa de umidade relativa do ar adequada	10
	Sabe a faixa de velocidade do vento adequada	10
Equipamentos para avaliação climática	Possui	10
	Acompanha nas aplicações	10
Cuidados com a máquina	Revisa o pulverizador antes das aplicações	10
	Limpa o pulverizador após as aplicações	10
Pontuação máxima (subtotal)		**150**

Quadro 03 - Modelo de questionário utilizado para avaliação da calibração do pulverizador

Itens avaliados	Presença e Estado dos itens avaliados	Nota total
Rotação do motor	Trabalha na rotação nominal do motor	10
	A da TDP rotação é adequada	10
Velocidade	É ajustada com escalonamento das marchas	10
Pontas e filtros das pontas	São escolhidas em função do alvo e clima	10
	São aferidas antes da aplicação	10
	A vazão é uniforme	10
	A propriedade possui mais de um jogo de pontas	10
	Os filtros são escolhidos em função do produto	10
Regulagem	Pressão é adequada de acordo com as pontas	10
	A taxa de aplicação real condiz com a recomendada	10
	A uniformidade de distribuição é aferida	10
Condições climáticas na aplicação	Monitora-se a temperatura	10
	Monitora-se a velocidade do vento	10
	Monitora-se a umidade relativa do ar	10
Potencial de risco de deriva[1] Volume de ar[2]	Baixo[2]	10
	É correspondente ao manual do pulverizador[2]	
Pontuação máxima (subtotal)		**150**

[1] Avaliações realizadas em pulverizadores hidráulicos. [2] Avaliações realizadas em pulverizadores hidropneumáticos

Quadro 04 - Modelo de questionário utilizado para avaliação da condição do pulverizador

Itens avaliados	Presença e Estado dos itens avaliados	Nota total
Vazamentos no depósito	Ausente	10
Mangueiras	Sem vazamentos	10
	Sem fissuras	10
	Não dobradas	5
Filtro da bomba	Presente	10
	Limpo	10
	Sem fissuras na malha	10
Filtros de linha	Presentes	5
	Limpos	5
	Sem fissuras na malha	5
Filtros das pontas	Presentes	5
	Limpos	5
	Sem fissuras na malha	5
Filtro do reabastecimento do depósito	Presente e em boas condições	5
Posicionamento de filtros e mangueiras	Não interfere o jato de pulverização	10
Proteção das partes móveis	Polias e Ventilador protegidos	5
	Árvore cardâmica protegida	5
Agitador de calda	Funcional	10
Lavador de embalagens	Funcional	5
Reservatório de água limpa	Funcional	5
Manômetro	Presente	15
	Preciso	15
Válvulas antigotejo	Presentes	10
	Funcionais	10
Espaçamento entre pontas	Uniforme	15
Estado das pontas	São todas do mesmo modelo	10
	Apresentam mesma vazão	10
Alinhamento das barras de pulverização[1] Dutos de condução de ar[2]	Alinhadas Verticalmente[1]	7
	São alinhados[2]	
	Alinhadas Horizontalmente[1]	3
	Não apresentam vazamentos[2]	
Acelerador manual	Funcional	10
Horímetro	Funcional	5
Análise de uniformidade de distribuição da barra	Adequada	15
Tacômetro	Funcional	15
Marcador de nível de tanque	Apresenta escala visível	5
Marcador de linhas[1] Turbina[2]	Possui[1]	10
	Não apresenta pás tortas[2]	
Níveis de ruído	Aceitáveis	5
Pontuação máxima (subtotal)		**300**

[1] Avaliações realizadas em pulverizadores hidráulicos. [2] Avaliações realizadas em pulverizadores hidropneumáticos.

Após as avaliações, gerou-se a nota final do pulverizador, que foi classificado quanto à nota em função de escala pré-estabelecida (Quadro 05).

Quadro 05- Classificações dos pulverizadores avaliados de acordo com a nota alcançada nas avaliações

Percentual alcançado	Qualificação
0 - 40	Ruim
41 - 60	Regular
61 - 80	Bom
81 - 90	Muito Bom
91 - 100	Excelente

A primeira avaliação realizada foi à qualificação da mão de obra. Ao operador, foi questionado a respeito da forma com que realizava a lavagem e uso do equipamento de proteção individual (EPI), se desentupia pontas e mangueiras com uso de pincéis ou ar comprimido, se havia feito curso nos últimos dois anos e se era alfabetizado, se conhecia os riscos da deriva, se conhecia os procedimentos de calibração e dominava o conhecimento sobre o cálculo da vazão, se conhecia os limites de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento recomendadas para a aplicação, se realizava o monitoramento dessas condições climáticas, se realizava inspeções antes das aplicações e sobre a limpeza, após o término da jornada de trabalho.

Com os dados relacionados à propriedade, pulverizador e mão de obra coletados, prosseguia-se com as inspeções no pulverizador. Primeiramente, eram realizadas análises visuais, como a interceptação do jato de pulverização (item 3.4.1.4) e vazamentos (item 3.4.1.2) para não ocorrer modificação da real condição após as avaliações quantitativas. Posteriormente, realizavam-se as avaliações quantitativas, a fim de coletar os dados nas mesmas condições em que o pulverizador foi utilizado.

3.4.1. Avaliações qualitativas em pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos

As avaliações que foram realizadas apenas com a visualização do estado de conservação dos pulverizadores foram denominadas qualitativas, sendo que muitas delas aplicavam-se a pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos. A seguir, tem-se a descrição dessas avaliações.

3.4.1.1. Vazamentos do tanque de depósito de calda

Foi verificada a presença ou não de vazamentos no tanque de depósito de calda, e contabilizado o número de vazamentos. Independentemente da intensidade do vazamento, o pulverizador que apresentasse vazamento no tanque de depósito não pontuava neste item, conforme procedimento adotado por Andersen & Nilsson (2009).

3.4.1.2. Mangueiras danificadas

Foram contabilizadas as mangueiras que apresentavam fissuras que permitiam o vazamento da calda e aquelas que apresentassem dobras que obstruíam a passagem da calda (Bjugstad, 1998). O número de vazamentos no tanque de depósito de calda e nas mangueiras foi contabilizado.

Além da observação dos vazamentos, mediu-se também a vazão de cada um deles a fim de se estimar as perdas de calda. Vazamentos maiores que 30 ml min^{-1} foram considerados pequenos e maiores que esse valor foram considerados grandes (Declercq et al., 2009).

3.4.1.3. Condições dos filtros

Após as avaliações quantitativas, foram abertos os compartimentos dos filtros e observada à presença dos filtros de sucção (da bomba), de linha, da entrada do depósito e das pontas. Quando presentes observaram-se a existência de fissuras que permitissem a passagem de detritos e ainda se os filtros apresentavam-se em adequado estado de limpeza.

3.4.1.4. Posicionamento das mangueiras e filtros

Foi observado se ocorria interceptação do jato de pulverização em função do bloqueio promovido por mangueiras, bicos hidráulicos ou filtros mal posicionados. Um local que possuísse a interferência do jato de pulverização foi o suficiente para que o pulverizador não pontuasse neste item.

3.4.1.5. Proteção das partes móveis

Nessa avaliação foi observada se havia proteção adequada dos componentes que apresentavam movimento. Quando se apresentavam devidamente protegidas, foram atribuídos pontos positivos à avaliação. Foi observada a presença da proteção na árvore cardâmica, correias, polias e também do ventilador no pulverizador hidropneumático (Andersen & Nilsson, 2009).

3.4.1.6. Funcionamento do agitador de calda

Foi observado se o agitador de calda funcionava corretamente. Independentemente do agitador de calda ser do tipo hidráulico ou mecânico, observou-se a agitação da calda era vigorosa, a fim de homogeneizá-la. Para isso, era solicitado ao operador que acionasse a bomba hidráulica do pulverizador na rotação nominal de trabalho, sendo assim, observada a agitação da calda. Com a observação do agitador funcional, acrescentavam-se pontos positivos à avaliação.

3.4.1.7. Lavador de embalagens

Pela Lei 7.802 de 1989, a lavagem de embalagens é obrigatória. Dessa forma, foi verificada a presença e funcionalidade do lavador de embalagens. O lavador foi considerado funcional quando proporcionava pressão suficientemente alta para promover a remoção total dos agrotóxicos das embalagens.

3.4.1.8. Tanque de lavagem para as mãos

Foi avaliada a presença do tanque com água limpa para ser realizada a lavagem das mãos do operador após o manuseio do pulverizador ou então, após o preparo da calda. Além de se observar a presença do tanque, foi verificado se estava abastecido com água, que o configurava como funcional.

3.4.1.9. Precisão e funcionalidade do manômetro

Após a observação se havia manômetro instalado no pulverizador, foi verificado o seu funcionamento a partir do acionamento da bomba hidráulica do pulverizador e da observação da movimentação do ponteiro. Caso o manômetro fosse funcional, avaliava-

se a sua precisão. Para isso, o manômetro era retirado com o auxílio de uma chave de boca fixa, com tamanho específico para cada manômetro. Em seguida era acoplado em uma bancada de teste onde foi verificada sua precisão, não admitindo variação maior que 10% em relação ao manômetro teste Classe A3, com precisão de 0,25%. Esta tolerância foi baseada na proposta de Biocca & Vannucci (2000). Conforme previsto na norma NBR-12446/1992, as comparações foram realizadas com pressão mínima de 25% da escala máxima até o valor máximo correspondente a 75% do fundo de escala. Nessa avaliação ocorreu pontuação tripla, pois foi considerada a presença, a funcionalidade e adequação de escala. A escala do manômetro foi considerada adequada quando a pressão máxima do manômetro não ultrapassou 25 bar, uma vez que, a pressão de trabalho máxima de uma ponta cônica é de 20 bar, sendo desnecessário um manômetro com escala maior.

3.4.1.10. Presença e funcionalidade da válvula antigotejo

Para verificar a presença e a funcionalidade da válvula antigotejo, foi solicitado ao operador que acionasse o sistema hidráulico do pulverizador a fim de pulverizar a calda e posteriormente que desligasse o sistema hidráulico e era observado se havia fluxo de calda nas pontas imediatamente após a cessão da pressão de pulverização. Quando as pontas permaneciam gotejando, o gotejador era classificado como não funcional (Baldi & Vieri, 1992). Nessa avaliação ocorreu dupla pontuação, em caso de presença e em caso de funcionalidade. Os gotejadores não funcionais foram quantificados e identificados para que o produtor pudesse corrigir estes componentes defeituosos.

3.4.1.11. Espaçamento entre pontas

Com a utilização de fita métrica com resolução de 0,01m foi medida a distância entre bicos de pulverização nos pulverizadores avaliados. As medidas que destoaram da média em 10% foram consideradas inadequadas.

3.4.1.12. Classificação dos tipos de pontas

Após as avaliações de vazão das pontas e de uniformidade de distribuição volumétrica, as pontas foram retiradas e verificadas quanto ao seu modelo. Foram

anotados todos os tipos de pontas de pulverização a fim de caracterizar a variabilidade dos tipos de pontas presentes nos pulverizadores. Para que esse fator fosse considerado adequado, era necessário que todas as pontas fossem do mesmo modelo.

3.4.1.13. Funcionamento do acelerador manual e tacômetro

Foi observado se o acelerador manual era funcional, uma vez que é de extrema importância para manter estável a rotação do motor enquanto se realiza a calibração, e posteriormente, a pulverização. Tão importante quanto o acelerador manual, é o tacômetro. Este instrumento deve estar em funcionamento, para que, durante a pulverização seja monitorada a rotação do momento da calibração, devendo permanecer constante.

3.4.1.14. Marcador de nível de calda no depósito

O conhecimento do volume de calda no depósito é importante para se realizar a dosagem de produtos, quando este não está totalmente cheio e também para o operador planejar os percursos com o pulverizador. Caso o marcador de nível do depósito estivesse com má visibilidade ou inexistente, o pulverizador era reprovado neste item.

3.4.1.15. Níveis de pressão sonora

As avaliações dos níveis de pressão sonora se basearam no método descrito na NBR-10152 (ABNT, 1987). Para isso, durante a medição do nível de ruído, a temperatura ambiente deve estar entre -5 e 30ºC e a velocidade do vento deve ser inferior a 5,0 ms^{-1}.

Os níveis de ruído foram determinados em um medidor de pressão sonora (decibelímetro), nos circuitos de resposta lenta e de equalização “A”, sendo expressos em dB(A). Apesar das condições climáticas durante a medição serem adequadas segundo a NBR-10152, foi utilizado protetor no microfone do decibelímetro para evitar qualquer efeito de rajadas de vento.

A medição da pressão sonora foi realizada com o pulverizador em regime de trabalho (bomba e ventilador acionado) com o motor do trator na rotação de trabalho utilizada pelo produtor, mesmo que em alguns casos, não fosse utilizada a rotação nominal. A medição teve duração de dez segundos, sendo repetida por três vezes.

3.4.1.16. Funcionamento do contagiros, da TDP e ajuste da velocidade

O funcionamento do contagiros foi avaliado a fim de garantir a estabilidade das diferentes situações de aplicação. Foi observado se os contagiros apresentavam em bom estado de conservação. Ainda foi observado se o trator operava na rotação nominal do motor. Além da avaliação do funcionamento do contagiros, foi utilizado um tacômetro a fim de mensurar se a rotação do motor utilizada era condizente com a rotação de 540 rpm da TDP. Foi admitida variação de 10 rpm para mais ou para menos (Mialhe, 1996).

O ajuste da velocidade foi considerado adequado quando era feito com o escalonamento das marchas, uma vez que, quando é feito variando a rotação do motor, pode levar à operação fora da rotação nominal do motor e com isso, variações na rotação da tomada de potência, afetando, sobremaneira o deslocamento volumétrico da bomba do pulverizador.

3.4.1.17. Escolha e adequação das pontas e filtros

Foi considerado procedimento correto quanto à escolha das pontas, quando esta era realizada de acordo com o alvo e o clima no momento da aplicação. Os filtros das pontas e a pressão de trabalho deviam ser os mesmos daqueles recomendados pelo catálogo do fabricante das pontas.

3.4.2. Avaliações quantitativas em pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos

Devido às características construtivas dos dois pulverizadores, algumas avaliações foram realizadas de modo diferenciado para cada um deles. Dentre as avaliações comuns, destaca-se a determinação da qualidade das pontas hidráulicas e da taxa real de aplicação.

3.4.2.1. Determinação da vazão das pontas hidráulicas

Um dos itens que mais interferem na qualidade de uma ponta é a sua vazão. Dessa forma, a determinação da qualidade das pontas foi realizada em função da vazão proporciona por cada uma, em relação à média das vazões de todas as pontas instaladas no pulverizador.

Para se mensurar a vazão de cada ponta foi coletada água com o auxílio de uma mangueira flexível acoplada diretamente no bico, que direcionou toda a água para o interior dos baldes, no caso de pulverizadores hidráulicos (Figura 2) e para garrafas PET no caso de pulverizadores hidropneumáticos. Nos pulverizadores hidráulicos, a mangueira era de 0,5m de comprimento envolvia o corpo do bico com o auxílio de uma borracha flexível. Já no caso dos hidropneumáticos, a mangueira (do tipo cristal) variou de 1 a 2,2m e era acoplada diretamente na ponta de pulverização para evitar que nas pontas superiores ocorresse perda de calda, pelo fato da ponta se encontrar em ângulo oposto ao solo (Figura 3).

Figura 2 - Procedimentos e materiais utilizados na coleta de calda em pulverizadores hidráulicos.

Figura 3 - Procedimentos e materiais utilizados para coleta da calda em pulverizador hidropneumático.

Após o acionamento da bomba hidráulica por três minutos, a fim de estabilizar a vazão em todas as pontas, iniciou-se a coleta da água no recipiente coletor e o cronômetro foi disparado. A cada 5s se iniciava a coleta em um novo recipiente, que correspondia a uma ponta diferente. Ao se passar dois minutos de coleta nos recipientes, a coleta era interrompida, respeitando 5s de intervalo entre um e outro, conforme a ordem de colocação (LANGENAKENS, 2009). Em seguida, foi verificada a massa de água coletada com o auxílio de uma balança de precisão com capacidade para 15 kg e resolução de 5g e determinado o desvio padrão das pontas. Foi considerado adequado, o desvio que não ultrapassasse 10% em relação à média aritmética das demais pontas (ANDERSEN e JORGENSEN, 2009).

Para os pulverizadores hidráulicos, a coleta foi padronizada do lado esquerdo para o lado direito do pulverizador (tendo como referência a traseira do equipamento), a fim de se manter um padrão e identificar onde ocorrem as pontas com maiores variações. No caso dos pulverizadores hidropneumáticos, devido à suas características construtivas serem distintas dos hidráulicos, a numeração das pontas ocorreu de forma distinta. Foi classificado como arco direito e arco esquerdo (tendo como referência a traseira do equipamento) e enumeradas de cima para baixo.

3.4.2.2. Determinação do volume de aplicação

Após a avaliação da determinação da qualidade das pontas, procedeu-se a determinação da taxa real de aplicação. A média da vazão das pontas foi utilizada para a determinação da taxa de aplicação do pulverizador. Para este parâmetro, também foi levada em conta a velocidade de deslocamento (Equação 01) do conjunto trator-pulverizador, determinada a partir da medição do tempo gasto para o conjunto percorrer uma distância de 50 metros, sendo a medição realizada duas vezes.

$$V = \frac{50}{T} 3{,}6 \qquad (01)$$

onde:

V= velocidade de deslocamento do pulverizador (km h^{-1}) e,

T= tempo para o pulverizador percorrer 50m (s).

Para os pulverizadores hidráulicos, a vazão do pulverizador (Vp) foi determinada de acordo com a Equação 02.

$$Vp = \frac{((Qt/2)/1000)600}{VE} \quad (02)$$

onde:

Vp= vazão do pulverizador (L ha^{-1}),

Qt= vazão coletada por ponta no intervalo de dois minutos (g),

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

E= espaçamento entre bicos (m).

Para os pulverizadores hidropneumáticos, o procedimento para o cálculo da taxa de aplicação foi feita, conforme a Equação 03.

$$Vp = \frac{60N_b q}{0{,}1Fv} \quad (03)$$

onde:

Vp= volume de aplicação expresso em (L ha^{-1}),

N_b= número de bicos,

q= vazão média das pontas (L min^{-1}),

F: espaçamento entre ruas da cultura (m) e,

v: velocidade (km h^{-1}).

Os valores de volume de aplicação informados pelos operadores foram comparados com os valores obtidos pela coleta realizada pela equipe de trabalho, oferecendo pela diferença entre ambos, o valor correspondente ao erro na taxa de aplicação desejada. O limite de erro para que a calibração seja considerada aceitável foi de 5% para mais ou para menos, conforme proposto por Ozkan (1987).

3.4.3. Avaliação quantitativa em pulverizadores hidráulicos

3.4.3.1. Determinação da deriva

A deriva é representada pelas gotas que podem sofrer o efeito das condições climáticas e não atingem o alvo. Neste trabalho, ela foi avaliada utilizando-se papel hidrossensível. Os papéis foram posicionados em raios de afastamento de um, três e seis metros do fim da barra do pulverizador (Figura 4). Os papéis eram apoiados em estruturas construídas especificamente para esse proposto, para que não sofressem efeito

da umidade, caso fossem colocadas no solo. Após o posicionamento adequado dos papéis, o pulverizador era deslocado em regime de trabalho, em direção perpendicular àquela do deslocamento do vento.

Posteriormente, os papéis foram fotografados com câmera fotográfica digital com resolução de 14 MP e zoom óptico de 21x. Com o auxílio do *software* CIR 1.5. Por meio da análise das imagens, foi determinado o diâmetro mediano volumétrico (DMV 0,5), que representa o diâmetro da gota que divide o volume das gotas em duas partes iguais, o diâmetro mediano numérico (DMV), que representa o diâmetro da gota que divide numericamente a população de gotas em duas partes iguais, o coeficiente de homogeneidade (CH), que é a razão do DMV pelo DMN e indica a uniformidade do tamanho das gotas, a cobertura (COB) que expressa o percentual de área coberta pelas gotas e a densidade de gotas (DEN), que expressa o número de gotas que atingiram uma área de um cm^2.

Com os valores de densidade e tamanho de gotas, foi possível determinar o volume de calda derivada. Foi considerado como limite aceitável de deriva, percentual igual a 8% do volume pulverizado para dois metros distantes da barra e 0,2% para seis metros distantes da barra (Jorgensen & Witt, 2000). Esses valores foram adotados pelo fato das gotas estarem sujeitas a deriva não somente pelo seu tamanho, mas também por fatores climáticos, a exemplo do vento. No momento da avaliação, foram anotados os dados de condição climática, para que, juntamente com os dados do espectro de gotas, de volume de aplicação, da velocidade do pulverizador, do tipo de ponta e pressão de trabalho, os resultados fossem analisados pela regressão linear múltipla, a fim de determinar qual item interferia mais no percentual de deriva.

Figura 4 - Avaliação do percentual de deriva em pulverizador hidráulico.

3.4.3.2. Uniformidade de distribuição volumétrica da barra de pulverização

Com a utilização de mesa horizontal (Figura 5) foi mensurada a uniformidade de distribuição das pontas de pulverização dos pulverizadores. Essa mesa é provida de 20 canaletas graduadas com resolução de 2 ml e espaçadas a 0,05m entre si. Essas canaletas, quando a mesa disposta na posição horizontal, coletam calda de pulverização das pontas, quando estão em funcionamento. Ao se terminar a coleta, a mesa é colocada na posição vertical e essas canaletas conduzem o líquido para provetas graduadas. O conteúdo dessas canaletas foi aferido e a partir desses resultados, calculou-se a uniformidade de distribuição. O coeficiente de variação do conjunto de canaletas foi considerado satisfatório quando foi menor que 10% (Langenakens, 1999).

Figura 5 - Coleta de calda para determinação da uniformidade de distribuição volumétrica (A). Mesa posicionada na posição vertical para a coleta (B).

3.4.4. Avaliações quantitativas em pulverizadores hidropneumáticos

3.4.4.1. Uniformidade de distribuição volumétrica do arco de pulverização

Para verificar a adequada uniformidade de distribuição volumétrica ao longo das plantas pulverizadas, foi construída uma mesa vertical para tal finalidade. Essa mesa foi composta por 20 tubos de PVC com uma das extremidades fechada e a outra cortada em formato de bisel. Os tubos foram sobrepostos, com ângulo de 45° em relação ao plano horizontal e presos a uma estrutura metálica de 3,2m de altura (Figura 6). Na extremidade fechada desse tubo, foi feita uma perfuração, e nela, foi adaptada mangueira siliconada com comprimento suficiente para alcançar as provetas da mesa utilizada nas avaliações dos pulverizadores hidráulicos.

Inicialmente, pulverizava-se a fim de promover o molhamento da mesa, e após todo o circuito estar umedecido, se realizavam as coletas. A coleta era feita quando o pulverizador se deslocava em frente à mesa, passando quantas vezes fossem necessárias para coletar volume de água que pudesse ser lido nas provetas da mesa.

Figura 6 - Coleta de calda com mesa de avaliação de uniformidade de distribuição volumétrica vertical.

Para determinar se o volume de calda pulverizada em cada estrato do dossel da cultura era correspondente com o volume de vegetação, foi mensurado o volume vegetativo das plantas pulverizadas, medindo-se a altura das plantas e a sua respectiva largura, repetindo esse procedimento em cinco plantas. A verificação da deposição de calda em relação ao volume de vegetação foi feita utilizando-se o teste de qui-quadrado (χ^2). Para tanto, a deposição esperada era determinada em função do volume vegetativo, e o volume observado era o obtido com a coleta da mesa vertical. Se o valor de χ^2 calculado fosse menor que o tabelado, aceitava-se que o valor de distribuição vertical do pulverizador estava de acordo com o volume vegetativo.

3.4.4.2. Volume de ar produzido pelo ventilador do pulverizador

O volume de ar proporcionado pelo ventilador do pulverizador foi verificado a fim de observar se era condizente com o valor especificado pelo fabricante do pulverizador. A velocidade do ar foi medida com anemômetro digital AD-250 com resolução de 0,1 ms^{-1} posicionado a 0,10 m da saída de ar (Figura 7). A leitura foi realizada duas vezes em cada seção de saída de ar da turbina do pulverizador.

Para determinar o volume de ar utilizou-se a Equação 04 proposta por Hinze (1950). Após os cálculos, os valores foram comparados com o manual do pulverizador avaliado. Foi admitido variação de 10% de volume de ar em relação ao valor especificado pelo fabricante do pulverizador.

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} a \qquad (04)$$

onde:

Q = vazão de ar ($m^3\ s^{-1}$),

a_i = áreas da seção onde se realizam as medições da velocidade do vento (m^2); e,

ω_{0i} = velocidade em cada ponto ($m\ s^{-1}$).

Figura 7 - Determinação da velocidade do vento.

3.4.4.3. Índice de volume de pulverização

O índice de volume de pulverização foi baseado no volume de pulverização e no volume de vegetação (TRV). Primeiramente, determinou-se o TRV, utilizando a Equação 05.

$$TRV = \frac{HL10000}{D} \qquad (05)$$

onde:

TRV= Volume de vegetação ($m^3\ ha^{-1}$),

H= altura das plantas (m),

L= largura das plantas (m); e,

D= distância entre ruas da cultura (m).

Posteriormente, determinou-se o índice de volume de pulverização para cada pulverizador, utilizado a Equação 06.

$$IV = \frac{Q1000}{TRV} \quad (06)$$

onde:

IV= índice de volume de pulverização,

Q= volume de pulverização (l ha^{-1}); e,

TRV= volume de vegetaçã (m^3 ha^{-1}).

3.5. Elaboração dos relatórios

Após o processamento dos dados, os resultados obtidos foram utilizados para a elaboração de relatório técnico que era enviado para o proprietário do equipamento. Nele, eram relatados todos os pontos positivos e negativos no pulverizador, para que pudesse corrigir eventuais problemas e aprimorar a qualidade das aplicações. Os relatórios eram encaminhados aos produtores via *e-mail* ou então via correspondência por correio, dependendo da preferência e acesso destes à rede de computadores.

3.6. Análise estatística

Primeiramente, os dados foram analisados por meio do uso de análise estatística descritiva. Em seguida, utilizaram-se métodos multivariados de análise dos dados, a fim de determinar qual fator avaliado interferiu mais nas notas finais da qualidade da pulverização. Para esta análise, foi utilizada a análise discriminante, que permite trabalhar com dados nominais e ordinais. Após a realização do teste, o valor de Wilk's Lambda foi observado, sendo que o item que apresentasse o menor valor desta estatística, o mais discriminador, sendo seguido pelos maiores valores em ordem crescente, em nível de importância. Nessa análise, o *software* SPSS® fez o nivelamento das notas de mão de obra, calibração e equipamento, multiplicando a nota dos dois primeiros itens por dois, para que a diferença de notas entre eles não interferisse no resultado final do teste.

Para a análise dos dados de deriva, também se lançou mão de análise de regressão múltipla linear, uma vez que permite utilizar valores numéricos para as análises. O

objetivo deste teste também foi determinar qual o parâmetro que mais influenciou o aumento da deriva, gerando equação com os respectivos pesos das variáveis que mais contribuíram para o valor da variável dependente.

Para a avaliação de uniformidade de distribuição volumétrica vertical nos hidropneumáticos, foi usado um teste de aderência, o teste de χ^2. Nesse tipo de teste, observou-se se os percentuais de volume de calda depositados na mesa de avaliação correspondiam com o volume de vegetação, onde a frequência esperada foi o volume de vegetação (E*i*) e a frequência observada (O*i*) foi o volume de calda depositado na mesa de avaliação.

E por fim, usou-se análise de correlação de Pearson para a vazão de ar gerado pela turbina dos hidropneumáticos, gerando equação ajustada de acordo com o nível de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta dos dados foi realizada em nove municípios da região do Alto Paranaíba (Tabela 01).

Tabela 01- Pulverizadores avaliados por município na Região do Alto Paranaíba-MG

Município	Número de pulverizadores avaliados	
	Hidráulicos	Hidropneumáticos
Campos Altos	03	03
Carmo do Paranaíba	-	05
Ibiá	02	02
Lagoa Grande	02	-
Patos de Minas	05	02
Rio Paranaíba	14	13
São Gotardo	01	02
Serra do Salitre	01	-
Tiros	02	03
Total	30	30

O município de Rio Paranaíba representa, em termos de extensão territorial, 3,67% da Região do Alto Paranaíba, fato este que justifica a maior quantidade de pulverizadores (27) avaliados nesse município, além do posicionamento estratégico de proximidade da Universidade Federal de Viçosa-*Campus* Rio Paranaíba. De modo geral, foram inspecionados, até três pulverizadores por propriedade rural.

4.1. Avaliações comuns entre pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos

Com a utilização da análise discriminante, foi possível observar que a mão de obra, as condições do equipamento e a calibração apresentaram pesos diferentes na nota final das pulverizações (Tabela 02).

Tabela 02 - Análise discriminante para a pontuação total da qualidade da pulverização com o respectivo peso para cada fator avaliado

Fatores avaliados	Wilk's Lambda[1]	F	Probabilidade
Mão de obra	0,374	14,640	0,000**
Equipamento	0,781	2,450	0,064
Calibração	0,270	23,624	0,000**

[1]Quanto menor o valor de Wilk's Lambda, maior o grau de discriminação do fator avaliado. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F-ANOVA.

O fator que possui maior capacidade de discriminar o pulverizador na sua nota final, ou seja, que apresenta maior interferência na pontuação obtida pelo pulverizador, pelo fato de apresentar o menor valor de Wilk's Lambda, é a calibração. Em seguida, o fator mão de obra também se apresenta como bom componente discriminante, uma vez que, apresentou baixo valor da estatística de Wilk's Lambda e significância à 1% de probabilidade.

A partir dos resultados do Quadro 02, pôde-se gerar a equação discriminante para a nota final do pulverizador (Equação 06).

$$PF = -24{,}15 + 1{,}43MO + 1{,}00EQ + 1{,}67CA \quad (06)$$

onde:

PF= pontuação final obtida pelo pulverizador após a inspeção.
MO= peso do fator mão de obra,
EQ= peso do fator equipamento; e,
CA= peso do fator calibração.

Analisando a equação acima, nota-se que o fator que mais influencia a pontuação final do pulverizador é a calibração, pelo fato de apresentar o maior coeficiente dentre os demais, o que corrobora com a análise de Wilk's Lambda.

4.1.1. Avaliação da qualidade da mão de obra

As avaliações demonstraram que nos dois tipos de pulverizadores avaliados, os problemas relacionados à mão de obra, condições do equipamento e nos procedimentos de calibração são distintos em cada tipo de pulverizador (Tabela 03).

Quanto ao uso do EPI, somente nos pulverizadores hidráulicos houve operadores que não utilizavam este equipamento, ou seja, 10% da amostra, sendo relatado por eles que não era fornecido pelo proprietário da fazenda. Nos pulverizadores hidropneumáticos, observou-se totalidade de uso de EPIs, provavelmente, pelo fato da maioria das propriedades visitadas participarem de algum programa de certificação, onde o rigor com este item é elevado.

Tabela 03 – Características da mão de obra utilizada nos pulverizadores do Alto Paranaíba, avaliando pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos

Itens avaliados	Hidráulicos %	Hidropneumáticos %
Usa equipamento de proteção individual (EPI)	90	100
Usa equipamento de proteção individual (EPI) completo	20	26
Sabe lavar o EPI de forma adequada	30	0
Sabe o procedimento correto para desentupir pontas e mangueiras	100	100
O operador era alfabetizado	100	100
O operador fez curso de tecnologia de aplicação nos últimos dois anos	66	83
O operador conhece os riscos sobre a deriva	100	100
O operador conhece os procedimentos de calibração	97	100
O operador admitiu saber o cálculo da vazão	97	83
O operador conhece as condições meteorológicas adequadas para a pulverização	3	27
A propriedade possui equipamentos para avaliação de condições meteorológicas	3	33
Os equipamentos de avaliação meteorológica acompanham as aplicações	0	10
O operador revisa o pulverizador antes das aplicações	60	93
O operador limpa o pulverizador após as aplicações	80	93
Média Geral	60	68

A porcentagem de operadores que utilizavam o EPI de forma completa e adequada foi 7% maior nos pulverizadores hidropneumáticos, em relação aos hidráulicos. Os componentes menos utilizados, geralmente foram a viseira para a proteção do rosto e as botas impermeáveis, que eram substituídas por botinas de couro, sob a justificativa que proporcionam maior conforto quando comparadas às botas de látex.

Santos e Maciel (2006) observaram, ao analisar pulverizadores hidráulicos que, em média 7% dos operadores não utilizavam EPI. Esses mesmos autores relatam também que menos de 5% dos operadores não conhecem o procedimento de lavagem do EPI, enquanto que, neste trabalho, apenas 30% dos operadores de pulverizadores hidráulicos sabiam lavar adequadamente o equipamento de proteção. A situação mais agravante foi verificada nos operadores de pulverizadores hidropneumáticos, pois, nenhum dos entrevistados demonstrou conhecimento adequado sobre essa tarefa. Dentre as deficiências mais pertinentes, destaca-se o fato de não conhecerem a importância de

se passar o EPI com ferro quente, para reativar a hidrorrepelência, sendo essa, uma recomendação do fabricante.

Todos os operadores entrevistados conheciam o procedimento correto para desentupir pontas e mangueiras, eram alfabetizados e conheciam os riscos sobre a deriva. Entretanto, muitos dos operadores admitiram que foram responsáveis por danos à culturas vizinhas devido à deriva.

Apenas 3% entre os operadores de pulverizador hidráulico e 27% entre os operadores de pulverizador hidropneumático souberam descrever as condições climáticas adequadas para a aplicação de agrotóxicos. Esse resultado, provavelmente, é reflexo do maior percentual de operadores que fizeram cursos de tecnologia de aplicação nos últimos dois anos. Santos e Maciel (2006) observaram que cerca de 75% dos operadores entrevistados por eles sabiam as condições climáticas adequadas. Quando comparados aos dados desta pesquisa, estes números tornam-se preocupantes, uma vez que aplicações em condições climáticas inadequadas podem reduzir a eficácia do produto. Alvarenga e Cunha (2010) observaram resultados semelhantes a este, onde foi observada irregularidade em 70% dos pulverizadores avaliados no tocante avaliação de condições climáticas.

Quanto ao monitoramento das condições climáticas, apenas 3% entre os pulverizadores hidráulicos e uma propriedade realizava o monitoramento. Porém, os equipamentos utilizados para esse fim não acompanhavam as aplicações. No caso dos pulverizadores hidropneumáticos, 33% realizam o monitoramento das condições climáticas, mas em apenas 10% dos pulverizadores esses aparelhos acompanhavam as aplicações, ocorrendo o monitoramento concomitantemente à pulverização.

No tocante aos cuidados com a máquina, 60% dos operadores de pulverizadores de barra realizam inspeção antes de pulverizar e 80% deles limpam o pulverizador ao fim da aplicação. Já os operadores dos pulverizadores hidropneumáticos demonstraram mais cuidados com os pulverizadores, uma vez que 93% deles revisam o pulverizador antes das aplicações e os limpam após o término. Esses procedimentos são fundamentais para reduzir os custos de manutenção e garantir maior vida útil para o pulverizador.

De modo geral, observa-se que a qualificação da mão de obra envolvida no processo de pulverização com hidropneumáticos é melhor que a dos hidráulicos, tendo médias finais do fator mão de obra de 68 e 60%, respectivamente. A melhor nota do fator mão de obra obtida nos pulverizadores hidropneumáticos, provavelmente, é

reflexo do maior percentual de participação dos operadores em cursos de tecnologia de aplicação, sendo de 83% contra 66% nos pulverizadores hidráulicos.

O fator que mais influencia na pontuação final da avaliação da mão de obra é a presença de equipamentos para avaliação de condições climáticas (Tabela 04). Esse resultado foi obtido, provavelmente, pelo fato desse item ser encontrado em pequeno número de propriedades, proporcionando grande variação nas notas. Outros fatores que são bons indicadores para explicar a nota final dos pulverizadores são: conhecimento dos procedimentos de lavagem de EPI, realização de curso pelo operador, conhecimento das condições meteorológicas e acompanhamento dos equipamentos de avaliação climática na aplicação. Isso se deve ao fato de apresentarem baixo valor de Wilk's Lambda e maior grau de significância ($p<0,01$).

Avaliações como procedimento correto de desentupimento de pontas e mangueiras, alfabetização do operador, conhecimento sobre o risco de deriva e conhecimento dos operadores sobre os procedimentos de calibração, neste estudo, não são consideradas boas variáveis discriminantes, pois em todas as entrevistas tiveram avaliação positiva, dessa forma, não apresentando variação.

Tabela 04 – Análise discriminante para a avaliação da mão de obra empregada nas pulverizações na região do Alto Paranaíba-MG

Fatores avaliados	Wilk's Lambda[1]	F	Probabilidade
Usa equipamento de proteção individual (EPI)	0,94	0,71	0,58
Sabe lavar o EPI de forma adequada	0,75	4,17	0,00**
Sabe o procedimento correto para desentupir pontas e mangueiras	[a]		
O operador era alfabetizado	[a]		
O operador fez curso de tecnologia de aplicação nos últimos dois anos	0,71	5,17	0,00**
O operador conhece os riscos sobre a deriva	[a]		
O operador admitiu conhecer os procedimentos de calibração	[a]		
O operador admitiu saber o cálculo da vazão	0,86	1,91	0,12
O operador conhece as condições meteorológicas adequadas para a pulverização	0,09	115,61	0,00**
A propriedade possui equipamentos para avaliação de condições meteorológicas	0,07	167,57	0,00**
Os equipamentos de avaliação meteorológica acompanham as aplicações	0,60	8,29	0,00**
O operador revisa o pulverizador antes das aplicações	0,86	1,95	0,11
O operador limpa o pulverizador após as aplicações	0,95	0,59	0,67

[1] Quanto menor o valor de Wilk's Lambda, maior o grau de discriminação do fator avaliado. [a] Valores considerados constantes pelo *software* SPSS®, sendo dessa forma não possível analisá-los. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F-ANOVA.

4.1.2. Avaliação da condição do equipamento

Houve presença de vazamentos no depósito de calda em 43% e 13% dos pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos, respectivamente. Na maioria dos casos, foi observado vazamentos no agitador de calda, uma vez que, grande parte dos pulverizadores apresentava agitador de calda do tipo mecânico. Em apenas 6,6% dos pulverizadores hidráulicos foi observada rachaduras no tanque que proporcionava o vazamento de calda. Nos demais, os vazamentos ocorriam no agitador de calda e no registro do dreno do depósito (Tabela 05).

Observaram-se fissuras e dobras em mangueiras apenas nos hidráulicos. Foi observado nos pulverizadores hidráulicos que 77% apresentavam vazamentos nas mangueiras, e para os hidropneumáticos esse valor era de 44%. Esses resultados são preocupantes uma vez que, Declercq et al. (2009) observaram que 30% dos pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos inspecionados na Bélgica possuíam vazamentos nas mangueiras.

Tabela 05 – Características das condições dos equipamentos utilizados nas pulverizações no Alto Paranaíba, incluindo pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos

Variáveis analisadas		Hidráulicos (%)	Hidropneumáticos (%)
Depósito de calda com vazamentos		43	13
Mangueiras	Possuíam vazamentos	77	43
	Possuíam fissuras	10	0
	Apresentavam dobras	7	0
Filtro da bomba	Presentes	100	100
	Limpo	67	83
	Sem fissuras	97	87
Filtros de linha	Presentes	93	17
	Limpo	60	13
	Sem fissuras	80	13
Filtros das pontas	Presentes	60	33
	Limpo	20	30
	Sem fissuras	53	33
Filtro do depósito presente e conservado		60	93
O jato de pulverização não é interferido		43	100
Partes móveis protegidas		100	90
Árvore cardâmica protegida		60	43
Agitador de calda funcional		100	100
Lavador de embalagens funcional		90	63

Reservatório de água limpa funcional		53	37
Manômetro	Presente	97	87
	Preciso	70	67
	Apresentava escala adequada	13	10
Válvulas antigotejo	Presentes	97	3
	Funcionais	7	0,0
Espaçamento entre pontas uniforme		57	97
Pontas	São do mesmo modelo	80	90
	Apresentam ângulo adequado	47	87
Acelerador manual funcional		100	100
Horímetro funcional		100	100
Uniformidade de distribuição volumétrica adequada		27	30
Tacômetro funcional		100	100
Marcador de nível de tanque		93	90
Nível de ruído adequado		20	0
Média Geral		64	57

Ao se verificar a intensidade dos vazamentos, foi observado que os valores são elevados, uma vez que os mesmos autores definiram que vazamentos maiores que 30 ml min^{-1} são considerados altos. Verificou-se que a perda de calda nos vazamentos era de 490 ml min^{-1} e 1100 ml min^{-1} para pulverizadores hidropneumáticos e hidráulicos, respectivamente. A maior ocorrência de vazamentos nas mangueiras de pulverizadores, provavelmente, é devido ao maior circuito hidráulico nesse tipo de pulverizador em relação aos pulverizadores hidropneumáticos, tornando assim maior a possibilidade de ocorrer vazamentos, principalmente, quando a manutenção preventiva não é realizada adequadamente.

Com relação aos filtros, foi observado que todos os pulverizadores avaliados possuíam o filtro da bomba, mas nem todos possuíam filtros de linha, do depósito e das pontas, além de muitos desses filtros apresentarem sujos e com fissuras na malha.

Os filtros da bomba dos pulverizadores hidráulicos apresentaram-se sujos com maior frequência que os dos hidráulicos. Porém em contrapartida eram mais bem conservados, pelo fato de ter sido observado menores valores com incidência de fissura na malha. Já nos filtros de linha, os pulverizadores hidráulicos sobressaem-se em todos os aspectos, tendo maior número de filtros limpos e melhor conservados. A mesma tendência é observada para a avaliação nos filtros das pontas, sendo exceção apenas à limpeza, pois nos hidropneumáticos os filtros apresentavam-se limpos com maior ocorrência em relação aos hidráulicos.

A menor ocorrência de filtros de linha nos pulverizadores hidropneumáticos é devido aos modelos adquiridos pelos produtores, uma vez que estes, originalmente de fábrica não possuem filtros de linha. Apenas em algumas marcas estes filtros são presentes. Eventualmente, os filtros são instalados nas propriedades. Já os filtros das pontas não são colocados por opção própria, sendo relatado que, quando estes são utilizados, há maior mão de obra, pois sujam e devem ser limpos com maior frequência, reduzindo a capacidade operacional da pulverização. Silveira et al. (2006) observaram que apenas 25% dos filtros de linha eram presentes em pulverizadores hidráulicos, sendo os valores aqui encontrados de 93%.

Os filtros da entrada do depósito nos pulverizadores hidropneumáticos apresentaram-se em melhor estado de conservação quando comparados aos hidráulicos. Santos e Maciel (2006) constataram que apenas em 7% dos pulverizadores avaliados, esse item apresentava problemas, sendo o valor correspondente com o dos hidropneumáticos (7%), mas muito inferior ao dos hidráulicos, onde o valor de reprovação dos pulverizadores foi de 40%. O principal fator de reprovação nesse item nos pulverizadores hidráulicos foi à ausência e fissuras na malha do filtro.

O jato de pulverização foi interceptado devido ao mau posicionamento de bicos ou mangueiras com frequência nos pulverizadores hidráulicos, sendo que apenas 43% desses equipamentos não afetados por este problema. Declerq et al. (2009) observaram que apenas 13% dos pulverizadores hidráulicos avaliados na Bélgica apresentaram problemas relacionados à interceptação do jato de pulverização devido ao posicionamento inadequado dos bicos hidráulicos.

Em nenhum dos pulverizadores hidropneumáticos avaliados neste estudo ocorreu bloqueio do jato de pulverização. Nesse tipo de pulverizador a probabilidade de ocorrer obstáculos na projeção do jato é menor, uma vez que, a área atingida pelos jatos é reduzida em relação aos hidráulicos e, na maioria dos casos, utiliza-se barra úmida para a fixação dos corpos de bicos, que ao contrário das mangueiras flexíveis, não se deformam com facilidade devido ao tempo de uso.

Observou-se que 10% dos pulverizadores hidropneumáticos apresentaram polias ou ventiladores sem proteção, enquanto que nos hidráulicos, nenhum apresentou polias expostas. Com relação à tomada de potência, os hidráulicos apresentaram maior percentual com proteção em relação aos hidropneumáticos. Muitos dos pulverizadores avaliados apresentavam apenas metade ou parte do eixo cardan protegido pelo tubo de polietileno, sendo julgado pelos produtores como protegido. Entretanto, essas partes

desprotegidas podem causar sérios acidentes, sendo necessário serem protegidas em toda sua extensão. Siqueira e Antuniassi (2011) observaram em diferentes estados do Brasil que a atenção à proteção do eixo cardâmico é diferenciada, sendo protegidos em 14,8%, 29,4% e 62,5% nos estados do RS, PR e MS, respectivamente.

A ocorrência de lavador de embalagens e reservatório de água limpa preenchido com água foi maior nos pulverizadores hidráulicos. Dos pulverizadores avaliados 90% dos hidráulicos apresentavam lavador de embalagem funcional enquanto que apenas 63% dos hidropneumáticos possuíam este item. Já para o reservatório de água limpa, 53% dos hidráulicos o possuíam funcionalmente e 37% dos hidropneumáticos apresentavam este item em condições de uso. Silveira et al. (2006) encontraram maiores problemas relacionados ao lavador de embalagens em sua pesquisa. Eles observaram que 76% dos pulverizadores apresentavam este item ausente ou inoperante, sendo o percentual maior que o desta pesquisa.

Em relação aos manômetros, estes foram presentes, precisos e com escala adequada com maior frequência nos pulverizadores hidráulicos, se comparados aos hidropneumáticos. Em apenas 3% dos pulverizadores hidráulicos não havia manômetro, enquanto que, nos hidropneumáticos, esse número foi superior, sendo igual a 13%. Nos pulverizadores hidropneumáticos que não possuíam o manômetro, ele era utilizado apenas para a calibração, e depois, retirados a fim de ser utilizado em outro equipamento, deixando o operador a mercê do monitoramento ineficiente da pressão durante a aplicação. A precisão dos manômetros era afetada, principalmente, pela conservação, uma vez que muitos deles não possuíam glicerina em seu interior ou então, demonstravam grande período de utilização. A escala dos manômetros era inadequada na maioria dos casos, uma vez que utilizava manômetros superdimensionados, com pressões máximas que nenhum sistema hidráulico pode atingir, sob pena de danificar as pontas de pulverização ou romper mangueiras. Gandolfo e Antuniassi (2003) observaram que 71% dos pulverizadores avaliados não apresentaram exatidão na medida de pressão, sendo este valor alto em relação aos deste trabalho, uma vez que esse valor foi de 30% para os hidráulicos e 33% para os hidropneumáticos.

A maioria dos pulverizadores hidráulicos (97%) possuíam válvulas antigotejo, enquanto que apenas 3% dos pulverizadores hidropneumáticos as possuíam. Apesar de possuírem estes dispositivos, apenas 7% eram funcionais nos hidráulicos e no único hidropneumático que as continham, muitas delas não eram funcionais. Esses valores são

altos se comparados com os de Santos e Maciel (2006) que encontraram apenas 10% dos pulverizadores sem antigotejadores e 11% com estes itens inoperantes.

Como a preocupação com gotejamento de agrotóxicos sobre outras culturas, é maior nas aplicações de herbicidas, pouca atenção se dá a instalação e conservação de antigotejadores em pulverizadores hidropneumáticos, uma vez que, estes equipamentos são mais empregados nas aplicações de inseticidas e fungicidas. O desperdício de calda após o desligamento do sistema hidráulico é muito importante de ser evitado, pois onera os custos de produção, além de lançar ao meio ambiente produto que não terá eficiência biológica alcançada.

Espaçamento entre pontas uniforme ocorreu com maior frequência em pulverizadores hidropneumáticos (97%) se comparados aos hidráulicos (57%). Siqueira e Antuniassi (2011) encontraram pulverizadores hidráulicos com menores problemas relacionados à espaçamento se comparados a estes, uma vez que o valor de pulverizadores reprovados foi de 25%. A menor ocorrência de problemas em pulverizadores hidropneumáticos é devido à fixação dos corpos de bico. Estes pulverizadores possuem barra úmida, e com isso, a movimentação dos corpos não ocorre. O único problema com espaçamento inadequado em pulverizador hidropneumático ocorreu em um dos dois pulverizadores avaliados que possuíam corpos de bicos fixados em mangueiras flexíveis. Apesar de muitos pulverizadores hidráulicos também possuírem sistema de barra úmida, na junção da sessão das barras, devido ao tempo de uso, as barras úmidas tomam distâncias diferenciadas daquelas que são convencionais.

Foi encontrado número maior de pulverizadores hidráulicos com pontas de modelos diferentes no conjunto em relação aos hidropneumáticos. Em nenhum dos pulverizadores avaliados foi encontrado mais de dois modelos de pontas instalados. Os valores de 10 e 20% de pontas de modelos diferentes para pulverizadores hidropneumáticos e hidráulicos são altos, se comparados com os pulverizadores hidráulicos avaliados na região noroeste do Paraná (Santos e Maciel, 2006). Na prática, o que se observa é que, muito dos casos de pontas de modelo diferente encontrados nas barras de pulverização, é devido à substituição de pontas danificadas por aquelas que já estão guardadas no galpão de máquinas, ao invés de substituir por pontas novas do mesmo modelo. Em nenhum dos pulverizadores hidropneumáticos avaliados foi observado mais de um modelo de ponta com intuito de variar a vazão ao longo do

dossel das plantas pulverizadas. Todas as pontas eram do mesmo modelo, não adotando o método de variação de volume ao longo do arco de pulverização.

Outro problema relacionado às pontas, foi o ângulo das pontas em relação à barra de pulverização, que ocorreu em ambos os tipos de pulverizadores, mas de forma mais expressiva nos hidráulicos. O ângulo das pontas em 15° em relação ao sentido de deslocamento de pulverizadores hidráulicos favorece a aplicação (Silva, 2000). Porém, nos pulverizadores avaliados não havia constância nos ângulos das pontas, podendo afetar a uniformidade de distribuição volumétrica, devido a faixa de sobreposição inadequada dos jatos de pulverização. Declercq et al. (2009) observaram que 12% dos pulverizadores hidráulicos avaliados não possuíam as pontas posicionadas verticalmente de forma adequada, sendo este valor baixo se comparado aos 53% observados neste trabalho.

Neste trabalho, casos extremos de posicionamento inadequado da ponta foram observados, como por exemplo, ponta no sentido oposto ao da pulverização (Figura 8). Nesse caso, o corpo de bico em que esta ponta estava instalada foi montado de forma errada e atrás do tanque de pulverização o que impossibilitava a visualização pelo operador durante a aplicação. Pelo relato do operador, a ponta já pulverizava dessa forma várias aplicações, pois não ocorriam inspeções dos pulverizadores na fazenda.

Nos pulverizadores hidropneumáticos, algumas pontas, muitas vezes, apresentavam ângulo para frente, e outras para trás, ocorrendo possibilidade de gotas não serem carreadas pela cortina de ar, e, dessa forma, não atingirem o alvo.

Em todos os equipamentos avaliados, o tacômetro e o horímetro eram funcionais. Em alguns trabalhos, este problema também não foi observado, uma vez que, Santos e Maciel (2006) encontraram menos de 6% dos equipamentos avaliados com problemas nestes itens. Já em outros levantamentos, 27% dos tratores apresentaram tacômetro defeituoso (Silveira et al., 2006). Todos os tratores avaliados possuíam acelerador manual funcional. Este item é de suma importância, pois possibilita o monitoramento da rotação do motor durante a aplicação, e com isso, mantém a vazão da bomba do pulverizador constante. Os dados encontrados nessa pesquisa demonstram a preocupação com os componentes mecânicos dos tratores ou pulverizadores autopropelidos.

Figura 8 - Ponta posicionada de forma inadequada, com jato de pulverização voltado para cima (seta vermelha) e vazamento em filtro de linha (seta azul).

O marcador do nível de tanque se apresentou melhor conservado nos pulverizadores hidráulicos. Todos os pulverizadores avaliados possuíam este item, sendo que em 7% dos hidráulicos e 10% dos hidropneumáticos, não apresentavam escala visível. Na Bélgica, 18% dos pulverizadores inspecionados - incluindo os dois tipos avaliados nessa pesquisa – perderam pontos neste item, sendo os valores aqui encontrados relativamente menores (Declercq et al., 2009). A manutenção deste item é de suma importância, uma vez que, serve para o monitoramento do volume de calda para o planejamento da aplicação ou então para a visualização do volume pulverizado quando se dosa produtos para frações do tanque.

Os níveis de ruído nos pulverizadores avaliados foram, em boa parte dos equipamentos, acima do limite permitido pela norma NR 31 (85 dB), sendo que nos pulverizadores hidropneumáticos houve total reprovação. Todos os pulverizadores que não possuíam cabine apresentaram níveis de ruído ao nível do ouvido do operador, acima dos permitidos, e nos hidropneumáticos em nenhum dos casos possuíam, justificando assim, a reprovação total. Alvarenga et al. (2011) também observaram que, somente nos tratores que não possuíam cabine ocorreram níveis de ruído acima de

85dB, e também destacam a importância do uso de protetor auricular em tratores sem cabine.

Na Tabela 06, estão expostos os resultados da análise discriminante para as condições do equipamento.

Tabela 06 - Análise discriminante para a avaliação da condição do equipamento nos pulverizadores na região do Alto Paranaíba-MG

Fatores avaliados		Wilk's Lambda[1]	F	Significância
Depósito de calda sem vazamentos		0,90	1,37	0,25
Mangueiras	Possuíam vazamentos	0,74	4,50	0,00**
	Possuíam fissuras	0,92	1,00	0,41
	Apresentavam dobras	0,94	0,76	0,55
Filtro da bomba	Presentes	[a]	[a]	[a]
	Limpo	0,98	0,20	0,93
	Sem fissuras	0,96	0,49	0,73
Filtros de linha	Presentes	0,91	1,22	0,31
	Limpo	0,93	0,85	0,49
	Sem fissuras	0,87	1,91	0,12
Filtros das pontas	Presentes	0,96	0,52	0,71
	Limpo	0,88	1,65	0,17
	Sem fissuras	0,96	0,49	0,74
Filtro do depósito presente e conservado		0,87	1,79	0,14
O jato de pulverização não é interferido		0,77	3,87	0,00**
Polias protegidas		0,98	0,24	0,91
Árvore cardâmica protegida		0,69	5,64	0,01**
Agitador de calda funcional		[a]	[a]	[a]
Lavador de embalagens funcional		0,87	1,83	0,13
Reservatório de água limpa funcional		0,87	1,83	0,13
Manômetro	Presente	0,98	0,19	0,94
	Preciso	0,85	2,21	0,08
	Apresentava escala	0,82	2,67	0,04
Válvulas antigotejo	Presentes	0,92	1,04	0,39
	Funcionais	0,91	1,20	0,31
Espaçamento entre pontas uniforme		0,95	0,63	0,63
Pontas	São do mesmo modelo	0,97	0,40	0,80
	Apresentam ângulo adequado	0,93	0,89	0,47
Acelerador manual funcional		[a]	[a]	[a]
Horímetro funcional		[a]	[a]	[a]
Tacômetro funcional		[a]	[a]	[a]
Marcador de nível de tanque		0,98	0,24	0,91
Nível de ruído adequado		0,51	12,2	0,00**

[1] Quanto menor o valor de Wilk's Lambda, maior o grau de discriminação do fator avaliado. [a] Valores considerados constantes pelo *software* SPSS®, sendo dessa forma não possível analisá-los. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F-ANOVA.

Observou-se que, o nível de ruído foi o fator que mais interferiu na nota final da condição do equipamento. Nessa avaliação, os únicos equipamentos que receberam

avaliação positiva, foram aqueles que possuíam cabine. A avaliação de proteção da árvore cardâmica, interferência do jato de pulverização e vazamentos em mangueiras também são consideradas variáveis com boa capacidade discriminante, uma vez que, apresentam menor valor de Wilk's Lambda e maior grau de significância ($p<0,01$). Os resultados para presença de filtro da bomba, agitador de calda, acelerador manual, horímetro e tacômetro foram considerados constantes nas análises, uma vez que, em todos os pulverizadores apresentaram-se funcionais, sendo assim, considerados como itens mau discriminadores.

4.1.3. Avaliação da calibração

Na avaliação da calibração, constatou-se que a frequência de motores de tratores que trabalhavam fora da rotação nominal foi maior nos pulverizadores hidráulicos em relação aos hidropneumáticos. A rotação nominal do motor, via de regra, proporciona a rotação de 540 rpm na tomada de potência, sendo necessária para a maioria das máquinas agrícolas. Apesar de ocorrer maior proporção de tratores operando em rotação nominal do motor nos pulverizadores hidropneumáticos, não foi suficiente para que a rotação na tomada de potência fosse adequada nesses pulverizadores, assemelhando-se aos valores encontrados nos hidráulicos. Em muitos dos casos avaliados, o tacômetro do trator apontava a rotação nominal e na TDP não ocorria rotação de 540 rpm, sendo provavelmente, a causa desse problema defeitos no tacômetro (Tabela 07).

A rotação adequada na TDP é de grande importância, uma vez que, rotações inadequadas podem prejudicar o funcionamento da bomba e o mecanismo de agitação de calda. Balestrini (2006) verificou que 64% das bombas avaliadas apresentaram problemas e que o sistema de agitação não estava funcionando corretamente em 76% dos equipamentos avaliados, problemas como estes que podem estar relacionados com a rotação na tomada de potência. Bettini (2010) afirma que a rotação adequada da TDP garante que a agitação seja eficiente, principalmente com os pós-molháveis, que são de difícil homogeneização.

Em todos os pulverizadores avaliados foi constatado que o ajuste da velocidade era realizado com o escalonamento das marchas. Esse procedimento de ajuste de velocidade é de grande importância, uma vez que é garantido que a rotação do motor seja mantida em níveis próximos ao da rotação nominal do motor, e com isso, a rotação

na TDP seja adequada. Santos e Maciel (2006) observaram que apenas 2,5% dos produtores entrevistados não realizavam o ajuste de velocidade com o escalonamento da marcha do trator, sendo notório assim, o hábito de realizar este procedimento de forma correta.

Tabela 07 - Condições dos pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos nas avaliações do fator calibração no Alto Paranaíba

Item avaliado		Hidráulicos (%)	Hidropneumáticos (%)
O motor trabalha na rotação nominal		43	77
A velocidade é ajustada com o escalonamento de marchas		100	100
A rotação na tomada de potência é adequada		43	47
Pontas são escolhidas em função do alvo e clima		3	0
A vazão das pontas é aferida antes das aplicações		17	87
A vazão das pontas tem desvio maior que 10%		23	17
A propriedade possui mais de um jogo de pontas		80	7
Os filtros são escolhidos em função da formulação dos produtos		0	0
A pressão é adequada para as pontas		87	100
A taxa de aplicação real condiz com a recomendada		53	47
A uniformidade de distribuição é aferida		0	0
Condições climáticas	Monitora-se a temperatura	3	33
	Monitora-se a velocidade do vento	3	33
	Monitora-se a umidade relativa do ar	3	33
Média Geral		33	41

Observou-se que, em 80% das propriedades que possuem pulverizadores hidráulicos, há mais de um jogo de pontas de pulverização, contra 7% nas propriedades que possuem pulverizadores hidropneumáticos. Apesar de muitas propriedades possuírem mais de um jogo de pontas, em apenas um pulverizador hidráulico as pontas eram escolhidas em função do alvo e clima, sendo que, nos demais, não era adotado nenhum critério de seleção. Outro problema diagnosticado foi a escolha dos filtros em função dos produtos aplicados. Não é adotado nenhum tipo de filtro específico para aplicações de produtos que se comportam de formas diferentes, principalmente quando se faz misturas de agrotóxicos em tanque. Geralmente, essas misturas são passíveis de produzir formação de floculação e grumos, exigindo assim, malhas de filtros maiores a fim de evitar entupimento destes.

Observou-se que a maioria dos pulverizadores apresentou variação na vazão das pontas. Nos pulverizadores hidropneumáticos, os defeitos nas pontas de pulverização

foi maior, uma vez que apenas 17% dos equipamentos avaliados apresentou variação menor que 10% na vazão das pontas em relação à média do conjunto. Apesar dos pulverizadores hidráulicos apresentarem maior taxa de aprovação nesse item (23%), com desvio menor de 10% na vazão das pontas, ainda este valor é baixo, pois, a maior parte dos pulverizadores apresentou problemas nas pontas, que levam a desuniformidade de distribuição volumétrica e erro na taxa de aplicação. Esses resultados assemelham-se aos de Magdalena & Di Prinzio (1992), que, na Argentina, encontraram 70% dos pulverizadores hidráulicos com pontas desgastadas. Alvarenga et al. (2011), observaram que 32% de pulverizadores hidráulicos avaliados apresentavam pelo menos uma ponta desgastada contra 77% e 83% para pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos, respectivamente, pois, apresentavam desvio na vazão superior à 10%.

As pontas de pulverização dos pulverizadores avaliados, na maioria dos casos, operavam em pressão condizente com as especificações técnicas. Apenas 13% dos pulverizadores hidráulicos estavam operando com pressão acima do recomendado. Eles possuíam pontas do tipo leque, que geralmente, operam com pressões de trabalho entre 2 e 4 bar, e suportam variação menor na pressão de trabalho. Nos pulverizadores hidropneumáticos todas as pontas apresentavam jato do tipo cônico, que, geralmente, podem operar em escala de pressões maiores, sendo provavelmente, esse o motivo de se encontrar menor ocorrência de pulverizadores com pressões acima do recomendado.

Metade dos pulverizadores avaliados não aplicava o volume de pulverização recomendado. Os pulverizadores hidráulicos, em média, aplicavam 4% a menos do volume recomendado, mas em casos extremos, houve pulverizadores aplicando 26,9% a menos e 23,3% a mais do volume recomendado. Já nos pulverizadores hidropneumáticos, o erro médio foi maior. Esses pulverizadores aplicaram 7,6% a menos do volume recomendado tendo como extremos, aplicações com 53,6% a mais e 54,8% a menos do recomendado. Alvarenga et al. (2011) observou que 41,9% dos pulverizadores hidráulicos avaliados em seu trabalho estavam aplicando volume de calda abaixo do recomendado. Já Kreuz et al. (2003) observaram que pulverizadores hidropneumáticos aplicavam 12,6% acima da taxa de aplicação recomendada, onerando os custos de produção e aumentando a contaminação do ambiente. No caso deste trabalho, os volumes de aplicações podem induzir a baixos índices de controle e ainda a resistência devido à aplicação de subdoses.

Quando foi questionado aos operadores se as pontas eram aferidas antes das aplicações, a ocorrência de respostas positivas foi maior nos pulverizadores hidráulicos. Entretanto, pode ter ocorrido omissão de informações, uma vez que, se ocorresse aferição da vazão das pontas com frequência elevada, o erro no volume de pulverização provavelmente seria menor.

Nas avaliações, foi observado que em nenhum dos pulverizadores era realizada avaliações da uniformidade de distribuição volumétrica da barra de pulverização. Esse tipo de avaliação deveria ser realizada frequentemente, a fim de evitar problemas de deposição de calda nos diferentes estratos das culturas tratadas.

Foi constatado que o monitoramento das condições climáticas é realizado em poucas propriedades. Santos e Maciel (2006) observaram que em 15% das propriedades avaliadas não havia o monitoramento das condições climáticas, devido à falta de equipamentos específicos para esse fim. Se comparados aos dados encontrados neste trabalho, observa-se que pouca atenção é dada no monitoramento das condições climáticas na região do Alto Paranaíba-MG durante as pulverizações, principalmente nos pulverizadores hidráulicos.

Os resultados de análise discriminante para a calibração indicou que a avaliação das condições meteorológicas interfere mais na nota final da calibração. Seguido pela avaliação das condições meteorológicas, está a taxa real de aplicação, a rotação de trabalho do motor e a rotação na tomada de potência, pelo fato de apresentarem valores decrescentes da estatística Wilk’s Lambda (Tabela 08).

Neste estudo, em todos os pulverizadores avaliados, a escolha dos filtros não era feita em função do produto, não se aferia a uniformidade de distribuição volumétrica e se ajustava a velocidade com o escalonamento das marchas. Dessa forma, estes três itens avaliados apresentaram resultados constantes ao longo de todos os questionários, fazendo com que não interfiram de forma significativa na nota final da calibração.

Seguido pela avaliação das condições meteorológicas, está a taxa real de aplicação, a rotação de trabalho do motor e a rotação na tomada de potência, pelo fato de apresentarem valores decrescentes da estatística Wilk’s Lambda.

Neste estudo, em todos os pulverizadores avaliados, a escolha dos filtros não era feita em função do produto, não se aferia a uniformidade de distribuição volumétrica e se ajustava a velocidade com o escalonamento das marchas. Dessa forma, estes três itens avaliados apresentaram resultados constantes ao longo de todos os questionários, fazendo com que não interfiram de forma significativa na nota final do fator calibração.

Tabela 08 - Análise discriminante para a avaliação da qualidade da calibração dos pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos

Fatores avaliados		Wilk's Lambda	F	Probabilidade
O motor trabalha na rotação nominal		0,59	3,76	0,00**
A velocidade é ajustada com o escalonamento de marchas		[a]	[a]	[a]
A rotação na tomada de potência é adequada		0,65	2,86	0,02*
Pontas são escolhidas em função do alvo e clima		0,60	3,64	0,07
A vazão das pontas é aferida antes das aplicações		0,82	1,17	0,34
A vazão das pontas tem desvio menor que 10%		0,81	1,28	0,29
A propriedade possui mais de um jogo de pontas		0,57	4,01	0,00
Os filtros são escolhidos em função da formulação dos produtos		[a]	[a]	[a]
A pressão é adequada para as pontas		0,90	0,59	0,73
A taxa de aplicação real condiz com a recomendada		0,51	5,20	0,00**
A uniformidade de distribuição é aferida		[a]	[a]	[a]
Condições climáticas	Monitora-se a temperatura	0,32	11,40	0,00**
	Monitora-se a velocidade do vento	0,32	11,40	0,00**
	Monitora-se a umidade relativa do ar	0,32	11,40	0,00**

[1] Quanto menor o valor de Wilk's Lambda, maior o grau de discriminação do fator avaliado. [a] Valores considerados constantes pelo *software* SPSS®, sendo dessa forma não possível analisá-los. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F-ANOVA. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F-ANOVA.

4.2. Resultados obtidos nas avaliações nos pulverizadores hidráulicos

4.2.1. Percentual de deriva

Verificou-se que 43% dos pulverizadores avaliados, à 1m de distância da barra, ultrapassaram o limite de 8% de deriva. O mesmo valor percentual de pulverizadores reprovados foi observado à distância de 6m do fim da barra de pulverização, onde o limite é de 0,2% de deriva.

De modo geral, os pulverizadores avaliados apresentaram valores elevados de deriva, sendo este fato preocupante, uma vez que, quando há a utilização de herbicidas não seletivas, pode ocorrer fitotoxidez ou até mesmo morte de culturas adjacentes. Assim, foi realizada análise de regressão linear múltipla a fim de determinar os fatores que mais influenciam o potencial de risco de deriva (Equação 07, 08 e 09).

$$PRD\ (1m) = 2{,}18^{**}COB + 2{,}00 \quad R^2: 56{,}9 \qquad (07)$$

$$PRD\ (3m) = 5{,}53^{**}COB - 0{,}071^{**}DEN - 0{,}037^{**}VAZ + 7{,}11 \quad R^2{:}81{,}4 \qquad (08)$$

$$PRD\ (6m) = 2{,}09^{**}COB - 0{,}37 \quad R^2{:}68{,}0 \qquad (09)$$

onde:

COB= cobertura (%),

DEN= densidade de gotas (gotas cm^{-2}); e,

VAZ= volume de calda (l ha^{-1})

**Significativo a 1% de probabilidade.

Nota-se pelas equações que, além da vazão e da densidade de gotas contribuir para a deriva, a cobertura é o fator que mais impacta nessa análise. Em todas as etiquetas hidrossensíveis avaliadas, as gotas possuíam diâmetro menor que 150µm, que dessa forma, proporcionam taxa de cobertura maior, e são mais suscetíveis à deriva, sendo provavelmente esse, o motivo da maior influência da cobertura no percentual de deriva. O pequeno diâmetro de gotas aliada à maior taxa de aplicação proporcionam maior densidade de gotas, que, também é apontada pela regressão linear múltipla como fator que influencia a deriva.

Corroborando com a análise de regressão linear múltipla, têm-se os valores de percentual de deriva reduzidos, ao passo que a taxa de cobertura e a densidade de gotas também são reduzidas (Tabela 09).

Tabela 09 – Cobertura, densidade de gotas e percentual de deriva em diferentes distâncias da barra de pulverizadores hidráulicos no Alto Paranaíba

Distância da barra de pulverização	Parâmetros avaliados		
	Cobertura (%)	Densidade de gotas (gotas cm^{-2})	Deriva Média (%)[1]
1m	6,8 A	133,7 A	16,8
3m	2,4 B	99,4 B	5,5
6m	0,7 B	47,9 C	1,2
DMS	2,7	34	-
CV%	131,6	58,5	-

*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$). [1]Dados médios não submetidos à análise estatística.

O percentual de deriva tende a reduzir ao passo que a distância da barra aumenta, devido a redução da cobertura e da densidade de gotas. Nos papéis hidrossensíveis

posicionados mais distantes da barra de pulverização ocorreu uma menor deposição de gotas e menor cobertura. As gotas de pulverização, provavelmente, sedimentam-se mais próximo da barra, ou então evaporam, não atingindo o alvo (papéis hidrossensíveis).

4.2.2. Uniformidade de distribuição volumétrica de líquido

Entre os pulverizadores hidráulicos avaliados, apenas 26% apresentaram boa uniformidade de distribuição volumétrica (UDV), uma vez que, o valor de coeficiente de variação foi menor que 10% (Langenakens, 1999). Alvarenga et al (2011), detectaram resultados ainda piores, sendo que nos pulverizadores avaliados, 93,3% apresentaram valor de coeficiente de variação (CV) acima de 10%. O valor médio de CV encontrado neste estudo foi de 19,5%, muito próximo ao valor médio encontrado por Gandolfo e Antuniassi (2003), que foi de 18,1%.

Foi observado que as pontas do tipo jato leque proporcionaram melhor uniformidade de distribuição volumétrica, uma vez que, em 54% dos pulverizadores que as continham, apresentaram valor adequado. Já os pulverizadores que possuíam pontas de jato tipo cônico, tiveram apenas 10% de aprovação no CV. Silva & Cunha (2008) observaram que pontas do jato plano apresentaram menor valor de CV na uniformidade de distribuição volumétrica, quando comparadas às de jato cônico.

4.2.3. Alinhamento das barras de pulverização

Observou-se que 20% dos pulverizadores hidráulicos avaliados apresentavam barras desalinhadas verticalmente. Esse tipo de defeito prejudica a uniformidade de distribuição volumétrica ao longo da barra de pulverização, uma vez que, a altura das pontas varia ao longo da barra e função da tortuosidade da barra. Quanto ao alinhamento horizontal, há ainda maior percentual de pulverizadores apresentando problemas. Foram 36% dos pulverizadores que apresentaram este tipo de defeito, sendo relatado pelos operadores que ocorrem em função da colisão da barra com objetos fixos.

4.3. Resultados obtidos em pulverizadores hidropneumáticos

4.3.1. Uniformidade de distribuição volumétrica de líquido

A variação da distribuição volumétrica média observada nos pulverizadores hidráulicos foi de 19,5%, sendo que em 63 % dos casos, os pulverizadores não apresentam uniformidade de distribuição volumétrica vertical proporcional ao volume de vegetação, de acordo com o teste de qui-quadrado. Esses resultados, provavelmente, são reflexo das pontas que apresentam variação na vazão, além de pontas apresentarem ângulo que não seguem o padrão de distribuição da cultura.

Com a utilização da mesa de avaliação de distribuição volumétrica vertical, foi possível quantificar o volume de calda perdido acima do dossel das plantas, devido ao mau posicionamento dos bicos hidráulicos e das haletas da turbina. Em média, 10% da calda aplicada pelos pulverizadores, é perdida acima do dossel das plantas, acarretando em oneração dos custos de produção e contaminação ambiental (Figura 9).

Os resultados observados na Figura 10 opõem-se aos encontrados por Dantas et al (2010). Eles verificaram que nas curvas de assimetria para distribuição na cultura do mamão apontavam maior deposição na parte inferior da mesa. Provavelmente, nos pulverizadores avaliados neste trabalho, o direcionamento dos bicos de pulverização, além do posicionamento das haletas de condução da cortina do ar, tendem a direcionar a calda acima das plantas. Landers (2008) obteve boa uniformidade de distribuição ao longo do perfil vertical quando alterou a ângulo dos bicos de pulverização.

A mesa de avaliação de uniformidade de distribuição volumétrica mostrou-se adequada para as avaliações de distribuição de volume de calda, e posterior correlação com o volume de vegetação, uma vez que, nenhuma lavoura avaliada ultrapassou 3m de altura. Porém, para a avaliação de perdas de calda acima do dossel das plantas, é necessário que a mesa tenha ao menos um metro a mais de altura, pois em alguns casos, a pulverização ocorria acima da mesa (Figura 10).

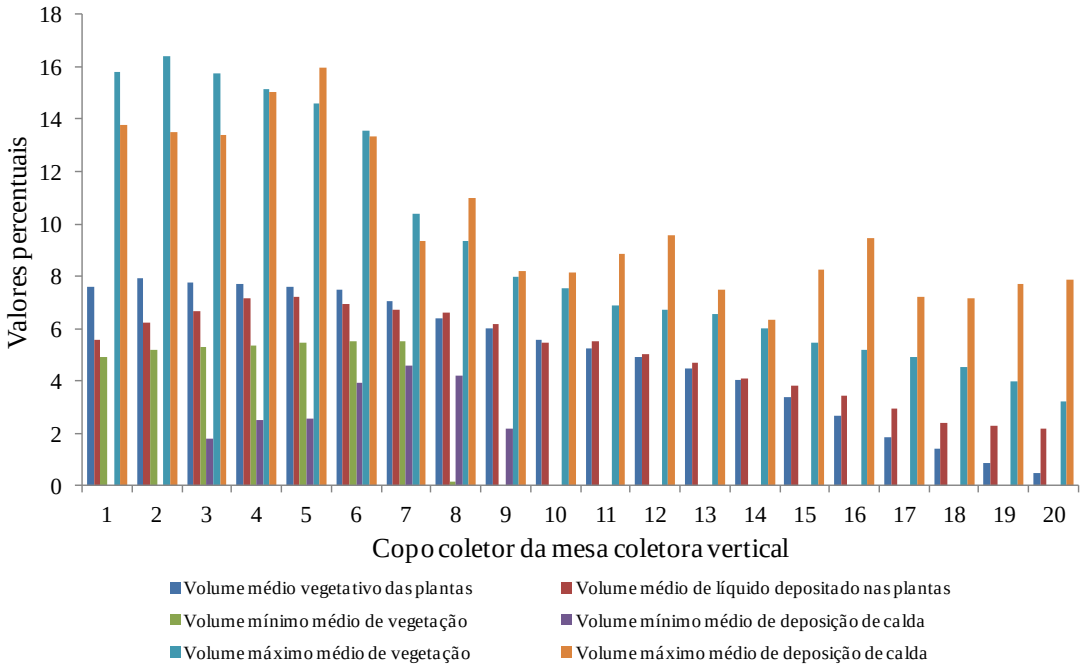

Figura 9 – Perfil de distribuição médio dos pulverizadores. Cada copo é responsável pela coleta de 0,15m, sendo o primeiro posicionado a 0,3m de altura e o último a 3,2m.

Figura 10 - Perda por deriva sobre plantas de café observada nas aplicações com pulverizador hidropneumático na região do Alto Paranaíba.

4.3.2. Vazão de ar gerada pela turbina e índice de volume de pulverização

Como 83% dos pulverizadores avaliados possuíam turbina com 850 mm de diâmetro, segundo as especificações do fabricante do equipamento, devem produzir volume de ar de 14 $m^3 s^{-1}$. Assim, observa-se que poucos pulverizadores, ou seja, 17 %,

tiveram avaliação positiva neste item, pois, apresentaram desvio menor que 10% em relação ao valor informado pelo manual do pulverizador (Tabela 10). Cerca de 46% dos dados de volume de ar (R^2: 0,46) são explicados pela rotação da tomada de potência. Os demais resultados, provavelmente, são explicados em função de correias desgastadas ou mal tensionadas, que não transmitem a rotação adequada à hélice da turbina.

Tabela 10 – Volume de vegetação, volume de pulverização, índice de volume de pulverização, rotação de TDP e vazão de ar da turbina nos pulverizadores hidropneumáticos avaliados no Alto Paranaíba – MG

Pulverizador	TRV $m^3\ ha^{-1}$	Vazão $l\ ha^{-1}$	Índice de volume $l\ 1000^{-3}$	Rotação da TDP	Vazão de ar $m^3\ s^{-1}$
1	8923	735	82	369	9,37
2	12250	417	34	652	24,73
3	8100	489	60	500	5,59
4	8100	401	50	500	11,53
5	10510	290	28	596	20,16
6	12656	505	40	596	20,81
7	8983	475	53	581	15,07
8	13679	502	37	581	17,51
9	2956	180	61	581	8,55
10	11007	447	41	547	15,08
11	19478	498	26	547	15,8
12	10360	562	54	562	14,23
13	10360	524	51	467	12,54
14	18648	618	33	537	19,31
15	3544	368	104	537	5,55
16	21287	2061	97	508	2,79
17	13460	419	31	543	10,25
18	13460	768	57	460	8,28
19	13460	597	44	468	9,58
20	8122	899	111	537	9,19
21	4176	381	91	537	5,86
22	12236	498	41	543	14,15
23	12236	505	41	543	17,86
24	11394	737	65	400	8,12
25	11394	594	52	537	10,32
26	10001	553	55	581	12,65
27	5145	779	151	533	12,06
28	11635	1070	92	471	15,21
29	7276	313	43	535	6,27
30	6563	232	35	435	4,13
Média	10713	581	59	526	12

O volume de vegetação médio das lavouras arbóreas no Alto Paranaíba é de 10713 m^3. Em 96% das propriedades avaliadas, a pulverização era realizada na cultura do café, justificando o menor volume de vegetação. O volume de pulverização médio foi de 581 l ha^{-1}, sendo classificado como volume médio de aplicação, segundo Matthews (2002). O índice de volume de pulverização utilizado no Alto Paranaíba foi de 59 l 1000^{-3} de vegetação (Tabela 10). Na Europa, o índice de volume de pulverização é de 30 l 1000^{-3} de vegetação e na Argentina, esse valor é igual a 100.

4.3.3. Conservação dos dutos de condução de ar

Nos pulverizadores hidropneumáticos avaliados, todos apresentaram os dutos de condução da cortina de ar do ventilador alinhados. Apenas 3% dos pulverizadores avaliados apresentaram duto com vazamento. Dutos de condução de ar bem conservados são imprescindíveis para que ocorra aplicação de qualidade, pois auxilia na condução das gotas até o alvo e também proporciona boa uniformidade de distribuição volumétrica.

4.4. Classificação das condições operacionais dos pulverizadores

De acordo com a classificação geral proposta, nenhum pulverizador atingiu a classificação "ruim" e nem "excelente". Houve apenas pulverizadores que se classificaram como "regular", "bom" e "muito bom" (Tabela 11).

Tabela 11 - Condições operacionais dos pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na região do Alto Paranaíba-MG

Percentual	Qualificação	Percentual de Pulverizadores		Média (%)
		Hidráulicos	Hidropneumáticos	
0 - 40	Ruim	-	-	-
41 - 60	Regular	46	43	45
61 - 80	Bom	50	57	53
81 - 90	Muito Bom	4	-	2
91 - 100	Excelente	-	-	-

Houve maior percentual de pulverizadores hidropneumáticos que se enquadraram na classificação “bom”. Entretanto, houve um pulverizador hidráulico que foi classificado como “muito bom”. A melhor classificação dentre os pulverizadores hidráulicos inspecionados, foi verificada em propriedade onde era dada maior atenção à qualidade da mão de obra, e monitoramento das condições climáticas, que neste trabalho, comprometem, sobremaneira, a pontuação do pulverizador.

Observa-se que houve maior percentual de pulverizadores hidropneumáticos classificados como “bom” em relação aos hidráulicos. Esse resultado, provavelmente, é consequência da maior nota média obtida pelos pulverizadores hidropneumáticos na qualidade de mão de obra e na realização de curso de tecnologia de aplicação pelos operadores envolvidos na pulverização.

Maior atenção deve ser dada ao treinamento de operadores, sobretudo, quanto ao emprego de dispositivos para o adequado monitoramento das condições climáticas durante as pulverizações.

5. CONCLUSÕES

- O procedimento de calibração dos pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos é o fator que mais prejudica a qualidade das pulverizações no Alto Paranaíba.
- A qualidade da calibração dos pulverizadores é afetada, principalmente, pela falta de monitoramento das condições climáticas.
- A mão de obra é afetada principalmente pela falta de equipamentos de monitoramento climático e pelo desconhecimento das condições climáticas adequadas pelos operadores.
- O item que mais influencia a qualidade dos pulverizadores é o nível de ruído, seguido pela árvore cardâmica desprotegida e vazamentos em mangueiras.
- A metodologia mostrou-se adequada para a região do Alto Paranaíba, exceto a de avaliação de perdas de calda acima do dossel das plantas nos pulverizadores hidropneumáticos.
- O risco de acidentes relacionados à exposição das partes móveis em pulverizadores hidropneumáticos é maior em relação aos pulverizadores hidráulicos.

- Os manômetros apresentaram-se em melhor condição operacional nos pulverizadores hidráulicos em relação aos hidropneumáticos.
- A deriva foi acima dos padrões estabelecidos em 43% dos pulverizadores hidráulicos avaliados.
- Em 70% dos pulverizadores hidropneumáticos, há desuniformidade de distribuição volumétrica vertical nas aplicações.
- A uniformidade de distribuição volumétrica em pulverizadores hidráulicos foi melhor naqueles que possuíam pontas do tipo leque.
- Para o volume de ar proporcionado pela turbina, apenas 16% dos pulverizadores avaliados proporcionaram volume de ar adequado.
- Metade dos pulverizadores avaliados não aplica o volume de calda desejado, proporcionando taxa de aplicação 8% menor que a recomendada.
- Os pulverizadores do Alto Paranaíba classificam-se como regular e bom, necessitando, principalmente, maior qualificação da mão de obra empregada na calibração e operação dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Níveis de ruído aceitáveis**: NBR 10152 (NB-95). Rio de Janeiro, 1987. 4p.

ALVARENGA, C.B. de CUNHA, J.P.A.R. da. Aspectos qualitativos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.555-562, 2010.

ALVARENGA, C. B.; CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M. Aspectos de avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Idesia**, Chile, v.39, p.25-31, 2011.

ANDERSEN, P.G.; JORGENSEN, M.K.; Calibration of sprayers. In: **Third European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers**. 2009. Quedlinburg, Alemanha

ANDERSEN, P.G.; NILSSON, E.; Regular calibration and technical checks of pesticide application equipment (according article 8/5) In: **Third European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers**. 2009. Quedlinburg, Alemanha

BALDI, F., VIERI, M. Controllo e certificazione delle macchine per la distribuzione dei Fitofarmaci. **Macchine per la Distribuzione de Fitofarmaci**, v. 38, p. 17-32, 1992.

BALESTRINI, L. Mobile Inspection and Diagnosis Service of Sprayers in Resistance Prevention. Results Obtained Out of Inspections Performed by a Group of Producers During the 2004-2005 Season. **Resistant Pest Management Newsletter**, Michigan, v. 16, n. 1, p. 5-7, 2006.

BETTINI, P.C. Mira Calibrada, **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v.9, n. 103, p. 8-10, 2010.

BIOCCA, M., VANNUCCI, D. Organization and critéria of inspection of sprayers in Italy. In: **AGENG. 2000**, Warwick. EurAgEng. Warwick: 2000.
BJUGSTAD, N. Control of crop sprayers in Norway. In: **AGENG. 1998**, Oslo. Eurageng: Oslo: s.n. 1998.

CONAB. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Café**. Safra 2012 - Segunda estimativa. Brasília, 2012.

DANTAS, M.J.F. **Avaliação de um sistema de aplicação de agrotóxicos na cultura do mamão: redução do risco de contaminação ambiental**. 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Bacias Hidrográficas no Semiárido) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

DECLERCQ, J.; HUYGHEBAERT, B.; NUYTTENS, D. **Third European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers - SPISE 3** -, Brno, September 22-24, 2009.

DELEO, J.P.B.; MENEGAZZZO, T.M.; TAPETTI, R. Gestão Sustentável de Hortaliças. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n.102, 2011.

FEY, E. Estado de arte do processo de pulverização junto a associados da COOPERVALE, Maripá – PR. 1998. 26p. **Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Agronomia)** – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR.

GANDOLFO, M. A.; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 18, p. 67-76, 2003.

GANZELMEIER, H., RIETZ, S. **Inspection of plant protection equipment in Europe. International Conference on Agricultural Engineering**. Part 2. P. 597-598. 1998.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba : Nobel, 1990. 468p.

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

IBGE. **Produção Agrícola Municipal [anual]**. 2010. Disponível em < http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm> acesso em 09/01/2012.

JORGENSEN, L.; WITT, K. L. Spraying and the impact on the environment: Spraying technique in relation to approval and use of pesticides in Northern Europe. In: **HARDI INTERNATIONAL**. Hardi international application technology - course 2000. Taastrup, 2000.

KOCH, H. Periodic inspection of air-assisted sprayers. **EPPO Workshop on Application Technology in Plant Protection**, v.26, p.79-86, 1996.

KREUZ, C. L.; PROTAS, J. F. S. E FREIRE, J. M. Análise comparativa do custo anual de produção de maçã nos sistemas "Integrado" e "Convencional". **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 44-46, 2002.

KREUZ, C.L.; SOUZA, A., PALLADINI, L.A., Criação de valor na cultura da macieira: o caso do uso de pontas de pulverização adequadas nos tratamentos fitossanitários. **Anais**... III Encuentro Anual de Finanzas. Santiago, Chile, 2003.

LANÇAS, K.P. Manutenção da vida longa ao trator. **A Granja**, Porto Alegre, n. 54, p. 40-50, 1998.

LANDERS, A.J. Innovative technologies for the precise application of pesticides in orchards and vineyards In: **Aspects of Applied Biology 86**. International advances in pesticide application. pp. 343-348, 2008.

LANGENAKENS, J. **Sprayng Nozzles: usability limits**. St. Joseph. ASAE, 1999.

LANGENAKENS, J.; Software for inspections of sprayers: needs and solution. In: **Third European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers.** 2009. Quedlinburg, Alemanha

MACHADO, A.L.T. Prevenção custa menos. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 4, p. 12-14, 2001.

MAGDALENA, J.C., DI PRINZIO, A.P. 1993 Servício de calibración de pulverizadoras frutícolas en Rio Negro y Neuquén. In: Congresso Argentino de Ingenieria Rural, 2, Córdoba. **Anais**... Córdoba: Maquinas y Tratores, p. 91-94, 1992.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 2°ed. London: Longman, 2002, 405p.

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

MENTEN, J.O. Produzimos alimentos seguros. **Portal Dia de Campo**, 2011. Disponível em <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?data=11/01 /2012 &id=25821&secao=Artigos%20Especiais> Acesso em 11/01/12

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996.

OZKAN, H.E. Sprayer performance evaluation with microcomputers. **Application Enginering Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 36-41, 1987.

REICHARD, D.L., OZKAN, H.E., FOX, R.D. Nozzle wear rates and test procedure. **Transaction of the ASAE**, v. 34, n. 6, p. 2309-2316, 1991.

SANTOS, S. R.; MACIEL, A. J. S. Proposta metodológica utilizando ferramentas de qualidade de avaliação do processo de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, p. 627-636, 2006.

SCHRÖDER, E.P. Caderno Técnico: Segurança em Pulverização – Aplicação segura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 30, p. 1-10, 2004.

SILVA, M. A. S. **Depósitos da calda de pulverização no solo e em plantas de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) em diferentes condições de aplicação.** 2000. 57 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SILVA, R. A. M.; CUNHA, J. P. A. R. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização. VIII Encontro interno/XII Seminário de iniciação científica. **Anais...**Uberlândia, 2008.

SILVEIRA, J.C.M.; GABRIEL FILHO, A.; PEREIRA, J.O.; SILVA, S.L.; MODOLO, A.J.; Avaliação qualitativa de pulverizadores da região de Cascavel, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá. v. 28, p.569-573. 2006.

SIQUEIRA, J. L.; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica dos pulverizadores nas principais regiões produtoras de soja no Brasil. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, p.92-100, 2011.

VIEIRA JV. 2003. **Desenvolvimento de cultivares e populações de cenoura com resistência às principais doenças da cultura e melhor qualidade da raiz: Projeto MP2** – 440/02, Brasília: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, 63p.

WHEWMANN, H.J. Actual survey inspection of sprayers in the European countries. In: **Third European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers.** 2009. Quedlinburg, Alemanha.