

---

## **NOTA TÉCNICA:**

### **INSPEÇÃO DE PULVERIZADORES HIDROPNEUMÁTICOS NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA-MG**

Diego Sichoeki<sup>1</sup>, Renato Adriane Alves Ruas<sup>2</sup>, Luciel Rauni Dezordi<sup>3</sup>, Alberto Carvalho Filho<sup>4</sup>, Pedro Ivo Vieira Good God<sup>5</sup>

#### **RESUMO**

O objetivo desse trabalho foi inspecionar pulverizadores hidropneumáticos na Região do Alto Paranaíba-MG, a fim de se verificar o estado de conservação dos mesmos e validar procedimentos de avaliação condizentes com a região. Para isso, avaliou-se 30 pulverizadores que foram selecionados ao acaso. O processo de avaliação constituiu-se da aplicação de um questionário dividido em duas partes, com as seguintes pontuações máximas: condições do equipamento (300) e calibração (150). Dessa forma, o pulverizador em condições perfeitas de operação atingiria nota final igual a 450. Quando o pulverizador possuía os itens em conformidade, recebia a pontuação, caso o contrário, não recebia, e, assim, a nota máxima alcançada do pulverizador era reduzida. Utilizou-se a análise discriminante, o teste de qui-quadrado e Correlação de Pearson. O fator que mais contribuiu para a nota final do pulverizador foi a calibração. No fator equipamento, o item que mais influenciou foi marcador de nível de tanque, seguido por partes móveis protegidas e vazamentos em mangueiras. No fator calibração, o item que mais interferiu foi a rotação nominal do motor, seguido pelo monitoramento das condições climáticas e desvio da vazão das pontas. O método de avaliação se mostrou adequado, exceto para a avaliação de perdas de calda.

**Palavras-chave:** qualidade de aplicação, manutenção, controle de qualidade, tecnologia de aplicação, culturas arbóreas.

#### **ABSTRACT**

#### **INSPECTION OF THE AIRSPRAYERS IN THE ALTO PARANAÍBA-MG REGION**

The objective of this study was to inspect air assisted sprayers in the Alto Paranaíba-MG region, in order to verify the state of conservation and validate assessment procedures consistent with the region. For this, 30 randomly selected sprayers. The process evaluation consisted of application of a questionnaire divided into two parts, with the following maximum scores: conditions of equipment (300) and calibration (150). Thus, a sprayer in perfect operating conditions received a final score of 450. In the case that some conditions were not achieved, the score of the sprayer was reduced. The chi-square test and Pearson's correlation discriminant analyses were performed. The factor that contributes most to the final note of the sprayer was calibration. In the equipment factor, the item of greatest influence was the tank level maker, followed by protection of moving parts and leaks in hoses. In the calibration factor, the item that most interfered was nominal rotation of the motor, followed by monitoring weather conditions and standard deviation of nozzle flow. The evaluation method showed to be adequate, except for the assessment of sprayer losses.

**Keywords:** quality of spray application, maintenance, quality control, sprayer technology, tree crops.

---

#### **Recebido para publicação em 10/10/2013. Aprovado em 03/04/2014.**

1 - Eng. Agrônomo. - Mestrando em Produção Vegetal-Universidade Federal de Viçosa-Campus de Rio Paranaíba, Departamento de Ciências Agrárias, Rodovia MG 320, km 7, CEP 38810-000. E-mail: diegolns@yahoo.com.br

2 - Eng. Agrônomo - Professor na Universidade Federal de Viçosa-Campus de Rio Paranaíba, E-mail: renatoruas@ufv.br,

3 - Eng. Agrônomo - Mestrando em Produção Vegetal-UFV-Campus de Rio Paranaíba. E-mail: luciel.dezordi@ufv.br,

4 - Eng. Agrônomo - Professor na Universidade Federal de Viçosa-Campus de Rio Paranaíba E-mail: acarvalhofilho@ufv.br,

5 - Eng. Agrônomo - Professor na Universidade Federal de Viçosa-Campus de Rio Paranaíba

## INTRODUÇÃO

A utilização de agrotóxicos para manter 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 de agrotóxicos, via de regra, faz-se uso de pulverizadores hidropneumáticos, utilizando-se principalmente em culturas arbóreas.

O emprego desses equipamentos deve ser feito de forma criteriosa, procurando fazer com o 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, meio ambiente e lucratividade.

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 de Europa as inspeções já são realidade (GANZELMEIER; RIETZ, 1998). Um dos países pioneiros nesse tipo de inspeção foi a Alemanha, que desde 1960 realiza inspeções para 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.

No Brasil, a realização de inspeções periódicas é mais recente e não é instituída por lei. Em 1998, FEY realizou o primeiro trabalho, onde avaliou a condição de pulverizadores de cooperados de uma cooperativa do Estado do Paraná, e encontrou condições inadequadas de funcionamento nos manômetros (DORNELLES *et al.*, 2009). 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 hidropneumáticos

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 a um sistema de Produção Integrada de Frutas (PIF), que confere maior qualidade e confiabilidade às frutas certificadas por este programa. Com estas inspeções, em Fraiburgo-SC foi constatado que, em média, os hidropneumáticos aplicam 12,6% a mais do volume de calda desejado, em função do desgaste das pontas hidráulicas (KREUZ, *et al.*, 2002). Em países Europeus, como na Bélgica, essas inspeções são feitas obrigatoriamente 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).

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 na Região do Alto Paranaíba - MG, o que pode reduzir a eficácia de certos tratamentos. Deficiências em pulverizadores podem induzir a 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. Para Holownicki *et al.*, (2000) a pulverização com pulverizadores hidropneumáticos se caracteriza como um processo ineficiente, pois em muitos casos, as perdas ultrapassam mais da metade dos produtos fitossanitários aplicados. Desta forma, torna-se muito importante o constante monitoramento das aplicações com tais equipamentos.

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. Este 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.

O objetivo desse trabalho foi identificar os principais problemas relacionados às pulverizações na Região do Alto Paranaíba, os quais interferem nos fatores mão de obra, no fator equipamento e no fator calibração e, validar a metodologia para as condições regionais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na região do Alto Paranaíba – MG, avaliando-se 30 pulverizadores escolhidos ao acaso nas propriedades locais.

Foram empregados os seguintes equipamentos: balança digital com capacidade para 15 kg e resolução de 5 g; mesa manométrica com manômetro de precisão equipada, com manômetro padrão Classe A3 com precisão de 0,5%, escala de 0 a 20000 kPa e divisão de 100 kPa; mesa vertical para avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica; anemômetro com capacidade de 108 km h<sup>-1</sup> e resolução de 0,1 km h<sup>-1</sup>; psicrômetro analógico com capacidade de 50 °C e resolução de 0,1 °C; dois copos graduados com capacidade de 2 L e resolução de 10 mL; 20 garrafas recipientes de polietileno tereftalado (garrafas PET); fita métrica de 50 m; cronômetro digital e conjunto de ferramentas manuais utilizadas para retirar manômetros, ou remover pontas e bicos.

Os resultados da inspeção foram anotados em questionário com a pontuação de cada item variando entre 0 e 15, sendo o valor 0 item ausente ou inadequado e os valores 5, 10 ou 15 representaram itens presentes ou adequados. Cada item avaliado podia comprometer a pulverização de forma diferenciada, devido o seu grau de importância em uma pulverização, por isso, a pontuação variou entre um item e outro.

A pontuação máxima em uma inspeção totalizava 450 pontos. Esta pontuação foi dividida em dois fatores: condições do equipamento e calibração. Para o fator equipamento, a pontuação máxima era 300 pontos. Já para o fator calibração era 150 pontos

No fator equipamento, as avaliações foram feitas sob aspectos qualitativos. Foi observada se mangueiras apresentavam dobras que obstruíam a passagem de calda ou fissuras que permitindo o vazamento de calda. Os vazamentos foram

medidos com o uso de provetas, para contabilizar as perdas do pulverizador devido a estes defeitos. Foi observado se os antigotejadores eram presentes e funcionais.

Os filtros das pontas, do depósito, das linhas e da bomba foram inspecionados, retirando-os de seus compartimentos. A inspeção consistiu em observar se estes filtros eram presentes e se não havia fissuras em sua malha e se estavam limpos. O posicionamento de mangueiras e filtros foi observado, sendo que estes não deveriam interferir no jato de pulverização.

A proteção das partes móveis foi considerada adequada quando nenhuma polia, correia, ventilador ou árvore cardâmica ficasse exposta (ANDERSEN; NILSSON, 2009). O agitador de calda foi considerado como funcional quando agitava a calda adequadamente após o acionamento do pulverizador na rotação de trabalho.

O lavador de embalagens foi inspecionado a fim de garantir que apresentasse funcionalidade e tivesse pressão suficiente para promover a limpeza das embalagens. O reservatório de água limpa foi considerado funcional quando apresentava quantidade de água necessária para o uso durante a jornada de trabalho (SILVEIRA *et al.*, 2006).

A precisão do manômetro foi avaliada após ser identificada sua presença e funcionalidade. Para isso, o manômetro era retirado e em seguida era acoplado em uma bancada de teste onde era verificada sua precisão, não admitindo variação maior que 10% em relação ao manômetro teste Classe A3, com precisão de 0,5%. Esta tolerância foi baseada na proposta de Biocca e 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.

Com a utilização de uma fita métrica, com resolução de 0,01 m, foi medida a distância entre bicos de pulverização. As medidas que destoaram da média em 10% foram consideradas inadequadas. Após as avaliações quantitativas as pontas foram retiradas e verificadas quanto ao seu modelo. Para que esse fator fosse considerado adequado, era necessário que todas as pontas fossem do mesmo modelo.

Em relação ao trator utilizado no acoplamento do pulverizador, foi observado se o acelerador manual e tacômetro eram funcionais, dado a importância destes para manter estável a rotação do motor enquanto se realiza a calibração, e posteriormente, a pulverização. O marcador de nível de tanque foi considerado adequado quando era possível observar a quantidade de calda presente no tanque à distância compatível com o assento do trator.

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 devia estar entre  $-5$  e  $30^{\circ}\text{C}$  e a velocidade do vento devia ser inferior a  $5,0\text{ m s}^{-1}$ . Os níveis de ruído foram determinados com 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.

No fator calibração foi observado se o trator operava na rotação nominal do motor. Utilizou-se tacômetro a fim de mensurar se a rotação do motor utilizada era condizente com a rotação de 540 rpm da TDP. Admitiu-se desvio de 10 rpm (MIALHE, 1996). Para que o pulverizador pontuasse, era necessário também que a velocidade do trator fosse selecionada em função do escalonamento das marchas, e não da variação da rotação do motor.

Quanto à escolha e adequação das pontas, considerou-se procedimento correto quando os filtros das pontas e a pressão de trabalho fossem selecionados conforme o recomendado pelo catálogo do fabricante das pontas.

A vazão das pontas foi determinada a partir da coleta de calda por dois minutos em cada ponta. Mangueiras acopladas diretamente à ponta de pulverização direcionavam a calda para garrafas PET. Posteriormente, a massa do volume coletado era medida com o auxílio de uma balança. A massa foi medida para dar maior precisão aos dados. Pontas que apresentassem desvio maior que 10% da média aritmética foram consideradas como inadequadas (ANDERSEN; JORGENSEN, 2009). Com os valores da vazão das pontas, foi possível

determinar a taxa de aplicação, considerando também a faixa de aplicação e a velocidade do pulverizador. Foi determinado como limite de desvio 5% da taxa esperada para a pulverização (OZKAN, 1987). Caso o desvio fosse maior que este limite, o pulverizador era reprovado neste item.

Para a avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica, construiu-se uma mesa de 3,2 m de altura com coletores confeccionados em PVC distribuídos homogêaneamente ao longo da mesa, cortados em formato de bisel, angulados em  $45^{\circ}$  em relação ao solo e com diâmetro de 0,1 m. Estes coletores coletavam a calda pulverizada após passagens sucessivas do arco de pulverização. A água coletada era direcionada para provetas, com resolução de 1mL, onde podia ser medido o volume coletado. As plantas pulverizadas tiveram seu volume de copa medido e estratificado seguindo o padrão dos coletores, para que cada estrato da planta tivesse a mesma altura em relação à altura de um coletor. Posteriormente, realizou-se o teste de qui-quadrado (5%), onde o volume percentual de vegetação correspondente em cada altura do copo era a frequência esperada e o volume percentual de calda coletado da frequência observada. Se o valor do qui-quadrado calculado fosse inferior ao tabelado, considerava-se que a distribuição seguia o padrão da vegetação, configurando como uniformidade de distribuição volumétrica adequada.

O volume de ar produzido pela turbina foi determinado a partir da velocidade do vento e a área da seção de saída de ar. Utilizou-se um anemômetro para medir a velocidade do vento em cada seção de saída de ar, que também foi determinada a área com o auxílio de uma fita métrica. O volume de ar encontrado foi comparado com o volume presente no manual do pulverizador. Caso o volume de ar fosse inferior ou superior em mais de 10% do manual, era reprovado neste item.

Como procedimentos estatísticos, adotaram-se a estatística descritiva e a análise discriminante, que determina qual fator avaliado é mais influente na nota final do pulverizador. No caso da análise discriminante, quanto menor o valor de *Wilk's Lambda*, maior a capacidade de discriminação do fator. Para a uniformidade de distribuição

volumétrica (UDV) usou-se o teste de qui-quadrado (5%). Para o volume de ar, foi usada a Correlação de Pearson a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a utilização da análise discriminante, foi possível observar que os fatores equipamento e calibração apresentaram pesos diferentes na nota final dos pulverizadores (Quadro 1).

Os resultados da análise descritiva apontam vários problemas relacionados às condições de conservação dos pulverizadores hidropneumáticos (Figura 1).

Observando-se os dados apresentados no Quadro 1, verifica-se que o fator calibração é o que possui maior capacidade de discriminar o pulverizador na sua nota final, pelo fato de

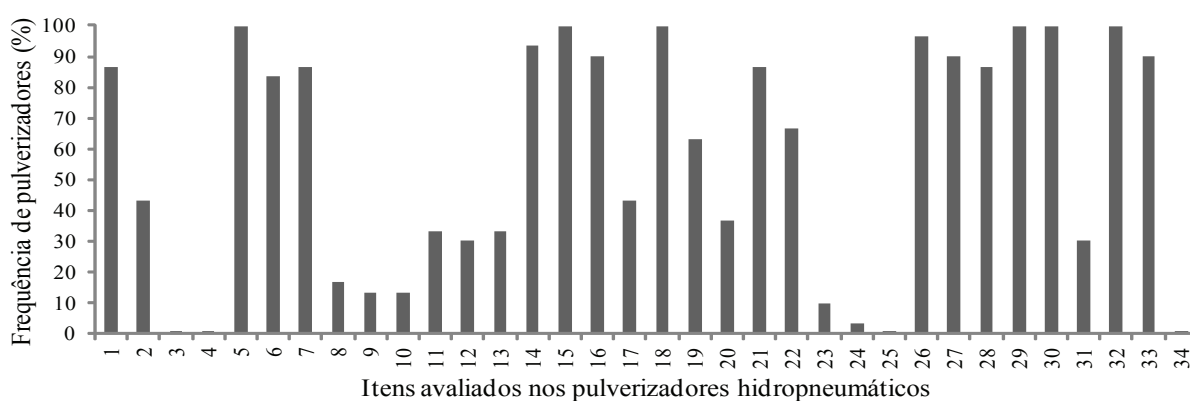
apresentar o menor valor de *Wilk's Lambda*. Dessa forma, pode se observar que o fato de possuir um pulverizador em bom estado de conservação não garante que terá boa nota na inspeção, uma vez que despreparo do operador pode comprometer todo o processo de pulverização.

Constatou-se que 13,3% dos pulverizadores apresentavam vazamentos no depósito de calda. Na maioria dos casos, foram observados os vazamentos no agitador de calda mecânico, uma vez que grande parte dos pulverizadores apresentavam esse tipo de agitador.

Nas mangueiras dos pulverizadores foi observado que 43,7% apresentaram vazamentos. Ao se verificar a intensidade dos vazamentos, foi observado que os valores são elevados (DECLERQ *et al.*, 2009), uma vez que definiram que vazamentos maiores que 30 mL min<sup>-1</sup> são considerados altos, e

**Quadro 1.** Fatores que interferem na qualificação do estado de conservação dos pulverizadores hidropneumáticos

Variável	<i>Wilks' Lambda</i>	F
Fator Calibração	0,329	17,028
Fator Condição do Equipamento	0,784	2,293



<sup>1</sup>Depósito de calda sem vazamentos <sup>2</sup>Vazamentos em mangueiras <sup>3</sup>Fissuras em mangueiras <sup>4</sup>Mangueiras dobradas <sup>5</sup>Filtro da bomba presente <sup>6</sup>Filtro da bomba limpo <sup>7</sup>Filtro da bomba sem fissuras <sup>8</sup>Filtro de linha presente <sup>9</sup>Filtro de linha limpo <sup>10</sup>Filtro de linha sem fissuras <sup>11</sup>Filtro das pontas presentes <sup>12</sup>Filtro das pontas limpos <sup>13</sup>Filtros das pontas sem fissuras <sup>14</sup>Filtro do depósito limpo e conservado <sup>15</sup>Jato de pulverização não é interferido <sup>16</sup>Partes móveis protegidas <sup>17</sup>Árvore cardâmica protegida <sup>18</sup>Agitador de calda funcional <sup>19</sup>Laçador de embalagem funcional <sup>20</sup>Reservatório de água limpa funcional <sup>21</sup>Manômetro presente <sup>22</sup>Manômetro preciso <sup>23</sup>Manômetro com escala adequada <sup>24</sup>Válvula antigotejo presente <sup>25</sup>Válvula antigotejo funcional <sup>26</sup>Espaçamento uniforme entre pontas <sup>27</sup>Pontas são do mesmo modelo <sup>28</sup>Pontas apresentam angulação adequada <sup>29</sup>Acelerador manual funcional <sup>30</sup>UDV adequada <sup>31</sup>Tacômetro funcional <sup>32</sup>Marcaador de nível apresenta visibilidade <sup>33</sup>Nível de ruído adequado

**Figura 1.** Principais problemas encontrados em pulverizadores hidropneumáticos na Região do Alto Paranaíba-MG



no trabalho houve casos extremos de 490 mL min<sup>-1</sup>.

Foi verificado que todos os pulverizadores possuíam filtro da bomba e que 86,7% dos casos eram bem conservados, não apresentando fissuras na malha e em 83,3% dos casos estavam limpos. Houve um pequeno número de pulverizadores que possuíam filtros de linha (16,7%), pois, muitos fabricantes não instalam em seus equipamentos. Apenas em algumas marcas de pulverizadores estes filtros são presentes ou o responsável instalou filtros que não eram originais de fábrica. Já os filtros das pontas não são colocados por opção dos produtores, sendo relatado por eles que, quando utilizados, há maior mão de obra, pois estes filtros sujam e devem ser limpos com maior frequência.

Os filtros da entrada do depósito nos pulverizadores hidropneumáticos apresentaram-se em bom estado, ocorrendo problemas em apenas 6,7%. Santos e Maciel (2006) constataram que apenas em 7,0% dos pulverizadores hidráulicos avaliados nesse item apresentavam problemas, sendo o valor semelhante com os deste trabalho. O principal fator de reprovação nesse item nos pulverizadores foi à ausência do filtro e fissuras na malha do filtro.

O jato de pulverização não foi interferido em nenhum dos pulverizadores avaliados. Declerq *et al.* (2009) observaram que apenas 13% dos pulverizadores avaliados pelos mesmos apresentaram problemas relacionados à interferência do jato de pulverização. Entretanto, as avaliações realizadas por estes autores foram feitas em pulverizadores hidráulicos, que estão mais suscetíveis em função do maior circuito hidráulico.

Em 10% dos pulverizadores avaliados, polias ou ventiladores estavam expostos. Com relação à tomada de potência, 43,3% apresentaram este item desprotegido. Muitos dos pulverizadores avaliados apresentavam apenas metade ou parte do eixo cardâmico protegido pelo tubo de polietileno, sendo julgado pelos produtores como protegido. Entretanto, essas partes desprotegidas do eixo cardâmico podem causar acidentes, sendo necessário protegê-los 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.

O lavador de embalagens apresentou-se funcional em 63,3% dos pulverizadores. Já para o reservatório de água limpa, 36,7% apresentavam este item funcional. Silveira *et al.* (2006) observaram que 76% dos pulverizadores apresentavam este item ausente ou inoperante, sendo este percentual maior que o desta pesquisa, demonstrando maior preocupação dos produtores desta região com a segurança do operador e do meio ambiente.

Quatro dos 30 pulverizadores avaliados não possuíam manômetro. Nesses pulverizadores o manômetro era utilizado apenas para a calibração, e depois retirado a fim de ser utilizado em outro equipamento, deixando ao 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 desses manômetros era inadequada na maioria dos casos, uma vez que se utilizavam 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 71,0% dos pulverizadores avaliados não apresentaram exatidão na medida de pressão, sendo este valor alto em relação aos deste trabalho, que foram de 33,3%.

A maioria dos pulverizadores não possuía válvulas antigotejo, apenas um as possuía, porém, eram inoperantes. Esses valores são altos se comparados com os de Santos e Maciel (2006) que encontraram apenas 10,0% dos pulverizadores sem antigotejadores e 11% com estes itens inoperantes. Como a grande preocupação com gotejamento de agrotóxicos sobre outras culturas é maior com herbicidas, pouca atenção se dá a instalação e conservação de antigotejadores em pulverizadores hidropneumáticos, pois estes não aplicam herbicidas. Porém, o desperdício de calda após o desligamento do sistema hidráulico onera os custos de produção, além de lançar ao meio ambiente produto que não terá eficiência biológica.

O espaçamento entre as pontas foi uniforme na maioria dos pulverizadores avaliados (96,7%).

Estes pulverizadores possuem barra úmida, e com isso, a movimentação dos corpos não ocorre. O único problema com espaçamento desuniforme foi observado em um pulverizador que possuía corpos de bicos fixos em mangueiras flexíveis.

Observou-se que 10,0% dos pulverizadores possuíam mais de um modelo de pontas. Em nenhum dos pulverizadores avaliados ultrapassou mais de dois modelos de pontas instalados. Muito dos casos de pontas de modelo diferente 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.

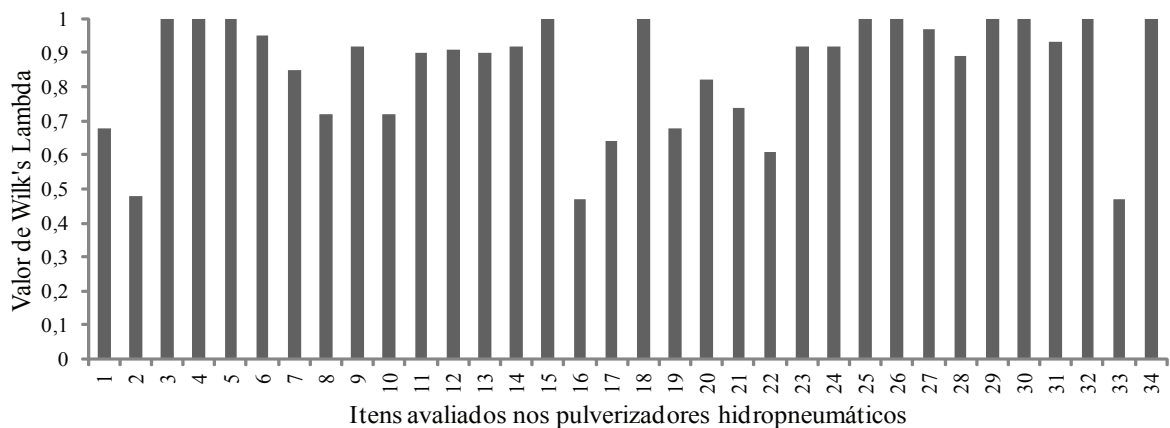
Em todos os pulverizadores avaliados, o tacômetro e horímetro eram funcionais. Em alguns trabalhos, este item também não foi problemático, uma vez que, Santos e Maciel (2006) encontraram menos de 6% dos equipamentos avaliados com problemas nestes itens. Já em outros levantamentos, 27% dos tratores apresentaram tacômetro defeituoso (SILVEIRA *et al.*, 2006). Todos os equipamentos avaliados possuíam acelerador manual funcional.

O marcador do nível de tanque possuía visibilidade em 91,7% dos pulverizadores avaliados.

Todos os pulverizadores avaliados possuíam este item, sendo em alguns melhor conservados e em outros, não. Na Bélgica, 18% dos pulverizadores inspecionados perderam pontos neste item, sendo os valores aqui encontrados relativamente menores (DECLERCQ *et al.*, 2009).

Os níveis de ruído nos pulverizadores avaliados foram acima do limite permitido pela norma NR 31 (85 dB), sendo que houve total reprovação. Alvarenga *et al.* (2011) observaram que somente nos tratores que não possuíam cabine ocorreram níveis de ruído acima de 85 dB. O que pode justificar a reprovação de todos os equipamentos nesse item é a ausência.

Observa-se, na Figura 2, que os itens que mais interferem na nota do fator equipamento são o marcador de nível de tanque e proteção de partes móveis, por apresentarem mesmo valor de *Wilk's Lambda*, seguido por vazamentos em mangueiras. Esses itens são classificados como discriminadores, pois apresentam grande variabilidade. Itens que apresentam valor de *Wilk's Lambda* igual a um não são bons discriminadores, uma vez que são constantes.



<sup>1</sup>Depósito de calda sem vazamentos <sup>2</sup>Vazamentos em mangueiras <sup>3</sup>Fissuras em mangueiras <sup>4</sup>Mangueiras dobradas <sup>5</sup>Filtro da bomba presente <sup>6</sup>Filtro da bomba limpo <sup>7</sup>Filtro da bomba sem fissuras <sup>8</sup>Filtro de linha presente <sup>9</sup>Filtro de linha limpo <sup>10</sup>Filtro de linha sem fissuras <sup>11</sup>Filtro das pontas presentes <sup>12</sup>Filtro das pontas limpos <sup>13</sup>Filtros das pontas sem fissuras <sup>14</sup>Filtro do depósito limpo e conservado <sup>15</sup>Jato de pulverização não é interferido <sup>16</sup>Partes móveis protegidas <sup>17</sup>Árvore cardâmica protegida <sup>18</sup>Agitador de calda funcional <sup>19</sup>Larador de embalagem funcional <sup>20</sup>Reservatório de água limpa funcional <sup>21</sup>Manômetro presente <sup>22</sup>Manômetro preciso <sup>23</sup>Manômetro com escala adequada <sup>24</sup>Válvula antigotejo presente <sup>25</sup>Válvula antigotejo funcional <sup>26</sup>Espaçamento uniforme entre pontas <sup>27</sup>Pontas são do mesmo modelo <sup>28</sup>Pontas apresentam angulação adequada <sup>29</sup>Acelerador manual funcional <sup>30</sup>Horímetro funcional <sup>31</sup>UDV adequada <sup>32</sup>Tacômetro funcional <sup>33</sup>Marcador de nível apresenta visibilidade <sup>34</sup>Nível de ruído adequado

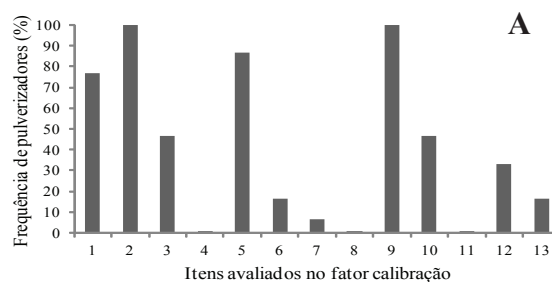
**Figura 2.** Análise discriminante do fator equipamento nos pulverizadores hidropneumáticos na Região do Alto Paranaíba-MG

Na Figura 3A observa-se que 60% dos motores trabalhavam na rotação nominal do motor. 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. 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.

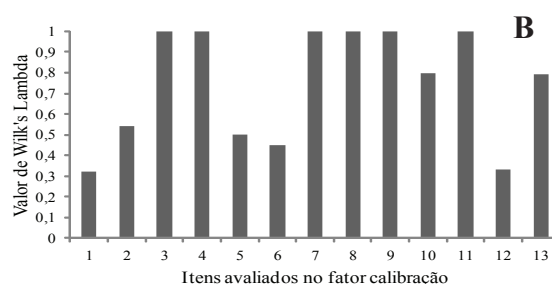
A rotação adequada na TDP é de grande importância, uma vez que a rotação inadequada pode prejudicar o funcionamento da bomba e o mecanismo de agitação de calda. Balestrini (2006) verificou que 64% das bombas avaliadas apresentaram problemas e que o sistema de agitação não estava funcionando corretamente em 76% dos equipamentos avaliados, problemas 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 à calda.

Em todos os pulverizadores avaliados foi constatado que o ajuste da velocidade era realizado com o escalonamento das marchas. 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 na Região do Alto Paranaíba.

Em 6,7% das propriedades que possuem pulverizadores hidropneumáticos há mais de um jogo de pontas de pulverização. Apesar de algumas propriedades possuírem mais de um jogo de pontas, em nenhum delas são escolhidas em função do alvo e clima. 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 ocorrer formação de floculação e grumos, exigindo assim malhas de filtros maiores a fim de evitar entupimento destes.



<sup>1</sup>Motor trabalha na rotação nominal <sup>2</sup>Velocidade ajustada com escalonamento de marchas <sup>3</sup>Rotação adequada na TDP <sup>4</sup>Pontas escolhidas em função de alvo e clima <sup>5</sup>Vazão das pontas é aferida antes das aplicações <sup>6</sup>Vazão das pontas tem desvio menor que 10% <sup>7</sup>Propriedade possui mais de um jogo de pontas <sup>8</sup>Filtros escolhidos em função do produto <sup>9</sup>A pressão é adequada para as pontas <sup>10</sup>A taxa de aplicação condiz com a recomendada <sup>11</sup>A uniformidade de distribuição é aferida <sup>12</sup>Monitora-se condições climáticas <sup>13</sup>Volume de ar está adequado



<sup>1</sup>Motor trabalha na rotação nominal <sup>2</sup>Velocidade ajustada com escalonamento de marchas <sup>3</sup>Rotação adequada na TDP <sup>4</sup>Pontas escolhidas em função de alvo e clima <sup>5</sup>Vazão das pontas é aferida antes das aplicações <sup>6</sup>Vazão das pontas tem desvio menor que 10% <sup>7</sup>Propriedade possui mais de um jogo de pontas <sup>8</sup>Filtros escolhidos em função do produto <sup>9</sup>A pressão é adequada para as pontas <sup>10</sup>A taxa de aplicação condiz com a recomendada <sup>11</sup>A uniformidade de distribuição é aferida <sup>12</sup>Monitora-se condições climáticas <sup>13</sup>Volume de ar está adequado

**Figura 3.** Resultados da avaliação do fator calibração nos pulverizadores hidropneumáticos na Região do Alto Paranaíba-MG

Observou-se que grande parte dos pulverizadores apresentou variação na vazão das pontas, uma vez que apenas 16,7% dos equipamentos avaliados apresentou variação menor que 10% na vazão das pontas em relação à média do conjunto. Alvarenga *et al.* (2011) constataram que 32% dos pulverizadores hidráulicos apresentaram, ao menos, uma ponta desgastada contra 83,3% dos pulverizadores avaliados neste trabalho.

As pontas de pulverização dos pulverizadores avaliados em todos os casos operavam em pressão condizente com as especificações técnicas. Nos pulverizadores, todas as pontas eram de jato tipo cônico, que suportam maior variação de pressão, sendo provavelmente este o motivo de não ocorrer reprovação neste item.

Menos da metade dos pulverizadores avaliados não aplicava a taxa recomendada (47%). Em média, esses pulverizadores aplicaram 7,6%



a menos da taxa recomendada, tendo como extremos os pulverizadores aplicando 53,6% a mais e 54,8% a menos da taxa recomendada. Alvarenga *et al.* (2011) observaram que 41,9% dos pulverizadores hidráulicos estavam aplicando volume de calda abaixo do recomendado. Kreuz *et al.* (2003) observaram que os pulverizadores hidropneumáticos aplicavam 12,6% acima da taxa de aplicação recomendada, onerando os custos e aumentando a contaminação do ambiente.

Quando os operadores foram questionados a respeito da aferição das pontas antes das aplicações, a ocorrência de respostas positivas foi de 86,7%. Entretanto, pode ter ocorrido omissão de informações por parte destes, uma vez que o percentual de erro na taxa de aplicação real foi alta nos pulverizadores. Se ocorresse aferição da vazão das pontas com frequência elevada, o erro na taxa de aplicação provavelmente seria menor.

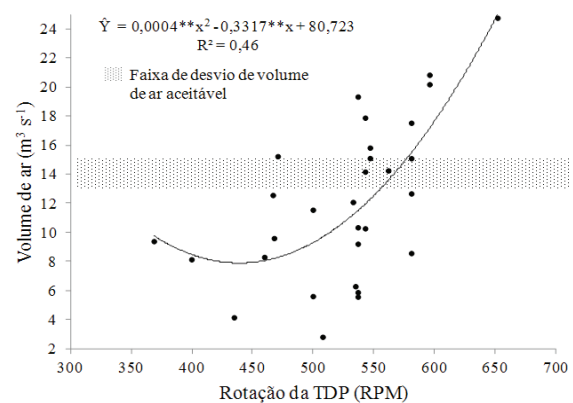
Nas inspeções, foi observado que em nenhum dos pulverizadores eram realizadas avaliações de uniformidade de distribuição volumétrica. Esse tipo de avaliação pelos produtores deveria ser realizada frequentemente, a fim de evitar problemas de deposição de calda nos diferentes estratos das culturas tratadas.

Foi constatado que o monitoramento das condições climáticas é realizado em poucas propriedades dentre as avaliadas. 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 nesse trabalho, observa-se que pouca atenção é dada no monitoramento das condições climáticas na região do Alto Paranaíba-MG durante as pulverizações.

Na Figura 3B, observa-se que o item que mais interfere na nota do fator calibração é a rotação nominal do motor, seguida pelo monitoramento climático e desvio da vazão das pontas. Estes são itens que além de discriminar a nota do fator calibração, interferem em outros itens avaliados. A rotação do motor, por exemplo, que interfere no volume de ar (Figura 4) e o monitoramento de condições podem influenciar a uniformidade de distribuição volumétrica.

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  $14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Assim, observa-se que poucos pulverizadores (17%), tiveram avaliação positiva neste item, pois apresentaram desvio menor que 10% em relação ao valor informado pelo manual do pulverizador. Cerca de 46% dos dados de volume de ar ( $R^2: 0,46$ ) são explicados pela rotação da tomada de potência (Figura 04). Os demais resultados, provavelmente, são explicados em função de correias desgastadas ou mal tensionadas, que não transmitem a rotação adequada à hélice da turbina (Figura 4).



**Figura 4.** Variação do volume de ar produzido pela turbina em função da rotação da tomada de potência

Entre os pulverizadores avaliados, 63% não apresentam uniformidade de distribuição volumétrica vertical adequada, ou seja, na maioria dos casos, a pulverização não segue o padrão do dossel das plantas avaliadas. Um resultado preocupante é a perda que ocorre acima do dossel das plantas. Em média, 10,13% do volume de calda aplicado é perdido acima das plantas avaliadas, mas há casos extremos onde se perde 24,87%.

Esses resultados opõem-se aos encontrados por Dantas *et al.* (2010), que verificaram que nas curvas de assimetria para distribuição na cultura do mamão apontavam maior deposição na parte inferior da mesa. Provavelmente, nos pulverizadores avaliados, o direcionamento dos bicos de pulverização e o posicionamento das haletas de condução da cortina do ar tendem a direcionar a calda acima das plantas. É necessário

que a mesa vertical de distribuição volumétrica seja ao menos um metro mais alto do que a utilizada, pois, em alguns casos, não foi possível mensurar todas as perdas acima do dossel das plantas, uma vez que a pulverização ocorria acima da mesa.

## CONCLUSÕES

- O fator calibração interfere de forma mais expressiva na nota final dos pulverizadores;
- No fator equipamento, o item avaliado que mais interfere é o marcador de nível de tanque, seguido pelas partes móveis protegidas e vazamentos em mangueiras;
- No fator calibração, o item que mais interfere é a rotação nominal do motor, seguido pelo monitoramento das condições climáticas e desvio de vazão das pontas;
- O método de avaliação de uniformidade de distribuição volumétrica foi adequado;
- Para avaliação de perdas de calda, necessita-se de mesa vertical de maior porte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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.; 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

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, nº103, p.8-10,2010.

BIOCCA, M., VANNUCCI, D. Organization and criteria 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.

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

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

DORNELLES, M.A.; SCHLOSSER, J.F.; CASALI, A.F.; BRONDANI, L.B. Inspeção técnica de pulverizadores: histórico e importância. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1600-1605,2009.

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.

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.

KREUZ, C.L.; PROTAS, J.F.S. ; 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.

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

OZKAN, H.E. Sprayer performance evaluation with microcomputers. **Application Engineering 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.

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.

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.