

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUIZ AUGUSTO MATEUS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO DESGASTE A CAMPO DE MODELOS DE
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUIZ AUGUSTO MATEUS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO DESGASTE A CAMPO DE MODELOS DE
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique Rojo Baio

Defesa apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2022



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Luiz Augusto Mateus Santos

ORIENTADOR: Dr. Fabio Henrique Rojo Baio

TÍTULO: Avaliação do desgaste a campo de modelos de pontas de pulverização

AVALIADORES:

Prof. Dr. Fabio Henrique Rojo Baio

Prof. Dr. Job Teixeira de Oliveira

Prof. Dr. Rafael Ferreira Barreto

Chapadão do Sul, 24 de novembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Henrique Rojo Baio, Professor do Magisterio Superior**, em 24/11/2022, às 10:16, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Ferreira Barreto, Professor do Magisterio Superior**, em 24/11/2022, às 10:20, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Job Teixeira de Oliveira, Professor do Magisterio Superior**, em 24/11/2022, às 10:21, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Osmanil Martins dos Santos e Maria Nazareth Mateus Santos, a minha irmã Maria Isabel Mateus Santos e a todos os meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado, pois a eles devo todo o meu esforço e trabalho, sem eles não teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus por minha vida, família e amigos;

À minha mãe, Maria Nazareth Mateus Santos, e ao meu pai, Osmanil Martins dos Santos, por terem apoiado os meus sonhos e pela confiança creditada em mim nas minhas escolhas;

À Prof. Dr. Fábio Baio pelo apoio e incentivo em todas as etapas desse trabalho, e pela paciência e amizade me ensinando através de conselhos valiosos novas formas de ver a vida, visando sempre o meu bem e o meu sucesso profissional;

A minha irmã Maria Isabel Mateus Santos, familiares e amigos pelo apoio e incentivo nos meus estudos;

Aos meus colegas que ajudaram no desenvolvimento do experimento, o técnico do laboratório Luiz, O Sandro que me ajudou com toda parte técnica e operacional montando e calibrando os equipamentos e o professor Fabio Baio.

E por fim, a todos aqueles que colaboraram de forma direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

EPÍGRAFE

Conserve os olhos fixos num ideal sublime, e lute sempre pelo que deseja, pois só os fracos desistem e só quem luta é digno de vida.

Pierre Lux.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
PALAVRAS-CHAVE.....	viii
ABSTRACT	ix
KEYWORDS	ix
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	2
RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
CONCLUSÃO	14
REFERENCIAS	14

RESUMO

As técnicas de aplicação de defensivos devem ser realizadas de forma correta para garantir resultados satisfatórios e de forma segura, por meio da sua utilização racional. Nessa perspectiva, fica o questionamento se os produtores estão respeitando a recomendação de troca das pontas de pulverização quando houve um desgaste das pontas na ordem de 5 a 10% em relação ao aumento da vazão? Dessa forma o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do desgaste de alguns modelos de pontas hidráulicas de pulverização em relação a vazão e sobre as características da população de gotas geradas após a sua substituição pelo produtor rural na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. Foram utilizados oito tratamentos (modelos de pontas), com origem em três propriedades localizadas na região central do Estado do Mato Grosso do Sul. As pontas foram coletadas no período de substituição por peças novas, atendendo os critérios de cada propriedade. As oito pontas avaliadas foram: JA3_a, AD_D 11002, BD 11002, JCI 80025, AXI 11003, CVI 110025 e AVI 11002. Aferiu-se a vazão nominal das pontas de pulverização, seguindo as normas de padronização ISO 10625. Foram avaliados a vazão nominal, diâmetro mediano volumétrico, amplitude relativa, e percentual de gotas menores que 100 μm . Inicialmente, foram estimadas as correlações entre as variáveis avaliadas, além da análise de variáveis canônicas para verificar a similaridade entre as variáveis e cada ponta avaliada. Os modelos de pontas utilizados foram substituídos tardiamente por apresentarem vazão média superior a 5% ao valor de referência. O modelo de ponta BD02 foi a que apresentou maiores valores para uso, vazão e percentual de gotas menores que 100 μm , indicando que sua troca deveria ter sido realizada em um momento anterior.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de aplicação; diâmetro mediano volumétrico; taxa de aplicação.

ABSTRACT

The defensive application techniques must be carried out correctly to ensure satisfactory and safe results, through their rational use. From this perspective, the question remains whether producers are respecting the recommendation to change spray nozzles when there has been wear on the nozzles in the order of 5 to 10% in relation to the increase in flow? Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of wear on some models of hydraulic spray nozzles in relation to the flow and on the characteristics of the population of drops generated after their replacement by the rural producer in the central region of the State of Mato Grosso do Sul. Eight treatments (point models) were used, originating from three properties located in the central region of the State of Mato Grosso do Sul. The tips were collected during the replacement period for new parts, meeting the criteria of each property. The eight evaluated nozzles were: JA3_a, AD_D 11002, BD 11002, JCI 80025, AXI 11003, CVI 110025 and AVI 11002. The nominal flow of the spray nozzles was measured, following the ISO 10625 standardization norms. , volumetric median diameter, relative amplitude, and percentage of drops smaller than 100 μm . Initially, the correlations between the evaluated variables were estimated, in addition to the analysis of canonical variables to verify the similarity between the variables and each evaluated tip. The nozzle models used were replaced late because they had an average flow greater than 5% of the reference value. The BD02 tip model was the one that presented the highest values for use, flow rate and percentage of drops smaller than 100 μm , indicating that its replacement should have been carried out at an earlier time.

KEYWORDS: Application technology; volumetric median diameter; application fee.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação é uma das técnicas utilizadas para a defesa fitossanitária, visando diminuir perdas da produtividade por meio da aplicação correta de defensivos agrícolas (MARTINI et al., 2017). As técnicas de aplicação devem ser realizadas de forma correta para garantir resultados de controle satisfatórios, e de forma segura, por meio da utilização racional dos defensivos agrícolas (PAN et al., 2019). A qualidade da aplicação por sua vez, é determinada por diversas variáveis, como a manutenção preventiva da ponta, considerada o componente mais importante dos bicos, por determinar a vazão, a distribuição da calda e a assertividade do alvo (PEIXOTO et al., 2020).

A uniformidade da aplicação, a deposição e a cobertura obtidas e o volume de calda aplicado na área são fatores determinantes da escolha das pontas. As pontas de indução a ar se destacam pela produção de gotas de tamanho elevado, pela formação de bolhas de ar em seu interior, reduzindo o número de gotas pequenas susceptíveis à deriva, pela interferência das bolhas de ar no transporte e padrão de deposição das gotas (LEITE & SERRA, 2013). A escolha do tipo de pontas hidráulicas depende do seu uso definido, destacando-se as de jato cônico (cheio ou vazio), plano e pontas defletoras. Essas pontas possuem alteração do jato (spray) formado, tamanho de gota, vazão e o ângulo de abertura de acordo com a pressão, potencializando ou não à deriva (CONSTANTIN et al., 2012).

As pontas são responsáveis pela qualidade da aplicação, contudo, as pontas danificadas tendem a aumentar a vazão da calda, prejudicando a uniformidade da aplicação, e aumentando a vazão original da ponta (PEIXOTO et al., 2020). A vida útil da ponta se relaciona ao material de fabricação e seu regime de utilização, além da qualidade da água, tipo de defensivo, produtos de baixa solubilidade e limpeza (ALVARENGA, 2014). Assim, a principal dificuldade se encontra em dispor de pontas de pulverização que permitam distribuição homogênea e uniforme do espectro de gotas, seja qual for o tamanho definido, uma vez que o emprego de pontas danificadas afeta a distribuição e uniformidade do espectro de gotas gerado e depositado, pelo aumento da vazão e coeficiente de variação entre pontas (FREITAS, 2005).

Os principais materiais usados na fabricação de pontas são cerâmicos, aço inoxidável endurecido, aço inoxidável, poliacetal e latão, sendo as de cerâmica, consideradas de maior durabilidade, mesmo com a pressão de trabalho aplicada e o tempo de uso, enquanto pontas de polímero plástico (poliacetal) apresentam maior taxa de desgaste (MILANOWSKI et al., 2022; SINGH & BHATT, 2018). Todavia, por conta dos custos, os produtores se voltam para o uso

das pontas de plástico, apesar do conhecimento da qualidade de aplicação e durabilidade das pontas de cerâmica, que apresentam maior custo (FREITAS, 2005). A utilização de pontas desgastadas gera gastos elevados ao produtor pelo aumento do orifício e conseqüentemente, aumento da vazão (SAYINCI, 2015). O aumento da vazão esperada evidencia a ocorrência do desgaste das pontas, acima da faixa admissível ($CV=10\%$) (MARTINI, 2017). Ainda são escassos os trabalhos científicos apresentando as conseqüências dessa variação sobre o espectro da população de gotas do spray gerado.

Nessa perspectiva, os produtores estão respeitando a recomendação de troca quando houve um desgaste das pontas na ordem de 5 a 10% em relação ao aumento da vazão? O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do desgaste de alguns modelos de pontas hidráulicas de pulverização em relação a vazão e sobre as características da população de gotas geradas após a sua substituição pelo produtor rural na região central do Estado de Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados oito tratamentos (modelos de pontas) (Figura 1), com origem em três diferentes propriedades localizadas na região central do Estado do Mato Grosso do Sul. As pontas foram coletadas no período de substituição por peças novas, atendendo os critérios de cada propriedade. Os tratamentos 1, 2 e 3 foram coletados na Fazenda Paraíso, localizada na cidade de Rio Verde de Mato Grosso, MS, após 379 horas de uso com base no horímetro do pulverizador autopropelido modelo Montana Parruda 2025-H. Os tratamentos 4, 7 e 8 foram coletados na Fazenda Santa Rita, localizada na cidade de Terenos, MS, após 251, 125 e 125 horas de uso respectivamente, com base no horímetro do pulverizador auto propelido modelo Jacto Uniporte 3030. Os tratamentos 5 e 6 foram coletados na Fazenda Horizontina, na cidade de São Gabriel do oeste, MS, após 460 e 553 horas de uso respectivamente, com base no horímetro do pulverizador auto propelido modelo Jacto Uniporte 2000.



Figura 1. Pontas de pulverização utilizadas.

Durante as horas de trabalho, as pontas foram utilizadas para aplicação de diferentes produtos em condição real de campo nas formulações: suspensão concentrada (SC); concentrado solúvel (SL); dispersão em óleo (OD); e grânulos dispersíveis (WG). Em todas as propriedades foi utilizada água coletada em poços artesianos nas localidades. As avaliações da vazão e características da população de gotas foram realizadas no laboratório de Tecnologia de Aplicação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), no Campus de Chapadão do Sul. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados com dez repetições. Foram avaliados oito modelos diferentes de pontas (Tabela 1). O modelo JA3 se repete nos tratamentos 1 e 4, por terem sido provenientes de propriedades diferentes, variando-se equipamentos de aplicação, formulações aplicadas e horas trabalhadas.

Tabela 1. Fabricante, vazão de referência, safras trabalhadas, horas de uso, área tratada, formulações utilizadas e taxa de aplicação ($L ha^{-1}$), das pontas utilizadas em pulverização em área comercial.

Tratamento	Modelo	Fabricante	Vazão Ref. ($L min^{-1}$)	Safras	Uso (h)	Área Tratada (ha)	Formulações Utilizadas*	Taxa de Aplicação ($L ha^{-1}$)	Material
1	JA3_A	Jacto	0,763	2	379	11520	SC, SL, OD e Óleo	80	Cerâmica
2	AD_D 11002	Magnojet	0,757	2	379	11520	WG, SL e Óleo	80	Cerâmica
3	BD 11002	Magnojet	0,757	2	379	11520	WG, SL e Óleo	80	Cerâmica
4	JA3	Jacto	0,763	1	251	6800	SC, SL, OD e Óleo	60	Cerâmica
5	JCI 80025	Jacto	0,946	2	460	11200	SC, SL, OD e Óleo	100	Cerâmica
6	AXI 11003	Jacto	1,136	2	553	13440	WG, SL, SC, OD e Óleo	100	Cerâmica
7	CVI 110025	Jacto	0,946	1	125	5440	WG, SL e Óleo	60	Cerâmica
8	AVI 11002	Jacto	0,757	1	125	5440	WG, SL e Óleo	60	Cerâmica

*Formulações utilizadas: Formulação concentrada (SC); Concentrado Solúvel (SL); Dispersão em Óleo (OD); Grânulos Dispersíveis (WG);

Aferiu-se a vazão nominal das pontas de pulverização, seguindo as normas de padronização ISO 10625. O ensaio para a avaliação da vazão das pontas foi realizado pesando-se em gramas o volume de água coletado, com uma balança analítica Shimadzu BL-3200H. O volume de água foi coletado durante um minuto, com o circuito hidráulico na pressão nominal de 300 kPa, pressão essa monitorada por um manômetro instalado próximo à ponta. Foram realizadas três coletas para cada ponta e os valores expressos em $L min^{-1}$. As avaliações foram realizadas utilizando-se um pulverizador estacionário acionado por bateria da Micron, modelo Combat.

A avaliação das características da população de gotas foi realizada através do equipamento medidor de partículas do modelo Spraytec® (Malvern Spraytec Real Time Droplet Sizing System) com diâmetro do feixe do laser de 10 mm, lente focal de 200 mm, comprimento de onda do laser de 670 nm e ponte óptica de base longa. Inicialmente, verificou-se o alinhamento do feixe óptico para garantir o seu correto posicionamento no sistema detector; monitorou-se o sistema de fundo (segundo plano), medida da luz desviada no sistema óptico e da contaminação das janelas por partículas, realizando-se a calibração prévia do aparelho

anteriormente a cada leitura. De acordo com o fabricante, o instrumento apresenta 3% de acurácia e 1% de precisão, quando se utiliza o retículo-padrão.

Esse equipamento foi utilizado para mensurar diâmetro mediano volumétrico (DMV), amplitude relativa (Span), e percentual de gotas menores que 100 μm . Foi observada a norma ASAE S-572 para classificação de pontas de pulverização em função do espectro de gotas gerado pelas pontas de pulverização. A S-572 define a categoria de espectro de gotas da ponta de pulverização para a classificação em condições de ar estático. A norma S-572 identifica seis categorias de tamanho de gotas: muito fina, fina, média, grossa, muito grossa e extremamente grossa. Também, uma única cor é atribuída para cada classe (estas cores não devem ser confundidas com a ISO 10625 de cores para codificação da taxa de vazão).

O espectro da população de gotas foi determinado de forma direta, em tempo real, pelo uso do medidor de partículas. O bico de pulverização foi posicionado a 0,5 m acima do feixe óptico. Esse equipamento foi conectado a um computador para a análise dessas variáveis respostas. Devido ao tempo de uso o diâmetro das gotas tende a aumentar de tamanho, o medidor foi capaz de mensurar o DMV, o índice SPAN e a percentagem de gotas menores que 100 μm (mais propensas à deriva), e conseqüentemente, diminui a porcentagem de gotas menores do que 100 μm , e causam um aumento significativo no índice de SPAN. Esse equipamento é capaz de calcular também em tempo real, a cada amostra, a amplitude relativa (SPAN) pela Equação 1.

$$SPAN = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}} \quad (1)$$

em que:

SPAN = amplitude relativa (adimensional);

Dv_{0,9} = diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 90% do volume total (μm);

Dv_{0,1} = diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 10% do volume total (μm); e,

Dv_{0,5} = diâmetro da gota abaixo da qual concentra-se 50% do volume total (μm).

Inicialmente, foram estimadas as correlações de Pearson entre as variáveis avaliadas, foi utilizada a rede de correlação para expressar graficamente os resultados, em que a proximidade entre os nós (traços) é proporcional ao valor absoluto da correlação entre esses. Foi adotado o valor de corte igual 0,60, significando que apenas $|r_{ij}| \geq 0,60$ tem as suas linhas mais destacadas.

As correlações positivas foram destacadas na cor verde, enquanto as negativas foram representadas em vermelho. Posteriormente, foi realizada análise de variáveis canônicas para verificar a similaridade entre as variáveis e cada ponta avaliada. Essas análises foram realizadas com o auxílio do programa RBio (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 está representado os valores de referência originais quando novos (com asterisco) e a média de vazão mensurada ($L \text{ min}^{-1}$) de oito modelos de ponta, após o uso em condição real em campo. Há uma diferença entre o valor de referência e a média de 8,5% para a ponta JA3, 6,5% para a ponta AD_D02, 7,8% para a ponta BD02, 7,9% para a ponta JA3_b, 5,3% para a ponta JCI025, 6,8% para a ponta AXI03, 6,4% para a ponta CVI025, e 3,1% para a ponta AVI02. Todas as pontas foram trocadas anteriormente ao momento adequado, pois a diferença entre a média e a referência ficou abaixo de 10% (BONADIO et al., 2015), sendo a maior taxa de desgaste apresentada pela ponta do modelo JA3_a, com variação de 8,5%.

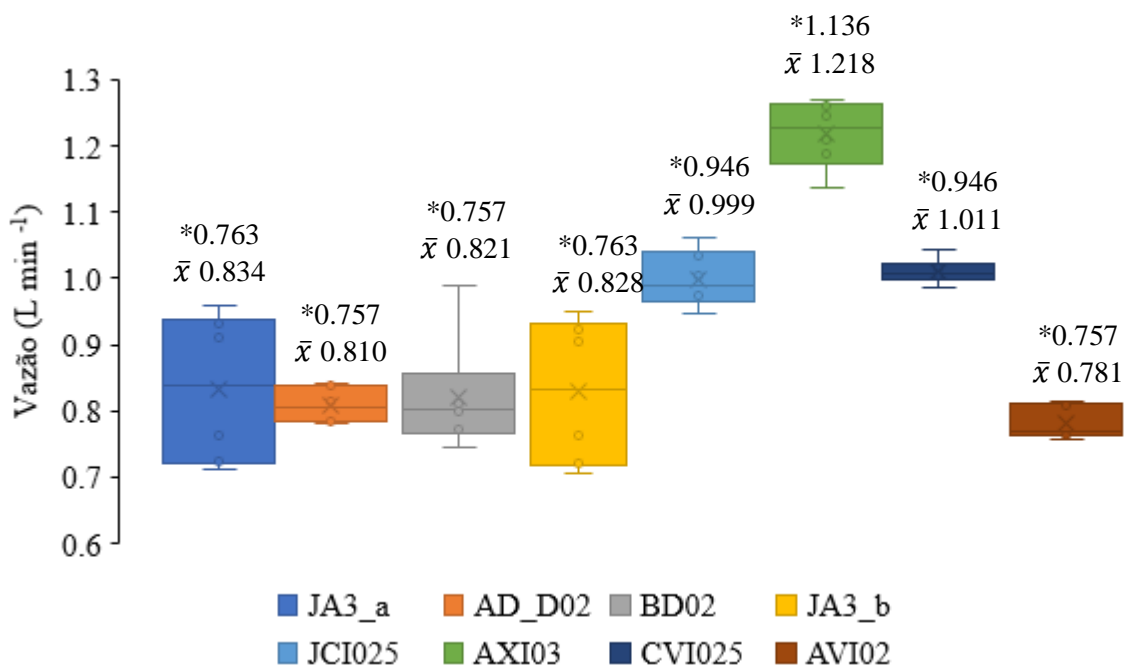


Figura 2. Vazão ($L \text{ min}^{-1}$) dos modelos de pontas: JA3_A, AD_D 11002, BD 11002, JA3, JCI 80025, AXI 11003, CVI 110025 e AVI 11002. Valores representados pelos asteriscos são os valores de referência para cada ponta avaliada. O valor apresentado abaixo é a média de cada tratamento, simbolizado pelo “ \bar{x} ” no gráfico.

Pontas de pulverização com vazão adequada proporciona maior eficiência de aplicação de agroquímicos, atingindo o alvo biótico de interesse, reduzindo gastos com aplicação errônea e diminuindo os riscos de contaminação ambiental (KRAUSE et al., 2006). A aplicação é realizada para a produção de uma vazão constante do líquido a ser aplicado dentro de um determinado tempo dentro de uma faixa de pressão de pulverização indicada. A ponta quando está em condições adequadas de uso produz uma vazão constante durante a aplicação em toda a área operada. Quando as pontas não mantem uma vazão adequada por desgaste do orifício há alteração na pressão de pulverização e na constância da aplicação (SINGH & BHATT, 2018).

A vida útil da ponta de pulverização está diretamente relacionada ao material empregado na sua fabricação e com o regime de utilização. Existem diversos tipos de materiais utilizados na fabricação das pontas, sendo os mais utilizados: cerâmica, aço inoxidável endurecido, aço inoxidável, polímero e latão (CAVALCANTI et al, 2015). Cunha (2008) relatou que as cerâmicas possuem melhor desempenho em relação a durabilidade, resistência, uniformidade de distribuição de gotas em comparação às pontas de material plástico.

Silva et al., (2016) recomendaram a troca de pontas quando o valor da vazão ultrapassar o de referência em 5%. Segundo essa recomendação, todas as pontas no presente trabalho, exceto a AVI02, foram substituídas por novas tardiamente; as médias mensuradas se apresentaram acima dos 5% de variação da vazão, indicando que o produtor estava realizando a aplicação de forma inadequada com perda de produto. Todavia, as recomendações técnicas baseada da variabilidade da vazão considera por unicamente essa variável, entretanto, a tecnologia de aplicação deve considerar outros indicadores de qualidade da população de gotas formadas. Assim, há a necessidade dos fabricantes de pontas e acadêmicos o estudo mais aprofundado do desgaste segundo outras características da população de gotas, como tamanho de gotas e, principalmente, variações do percentual de gotas muito finas, o que pode acarretar não somente em perdas por deriva, mas também contaminação ambiental nas proximidades da aplicação. O desgaste de pontas de pulverização afeta não somente a vazão da ponta, mas também outras variáveis da população de gotas, como o DMV, a amplitude relativa e o percentual de gotas muito finas (Baio et al., 2022). Ocorre que essa variação nem sempre é uma correlação positiva com o aumento do período de uso, mas, dependendo do modelo da ponta (tecnologias diferentes, como a indução de ar), a variação da correlação pode vir a ser inversamente proporcional.

O tamanho das gotas é essencial, pois favorecerá ou não a calda com o defensivo agrícola para atingir o alvo da aplicação. Logo, estima-se que gotas pequenas possuem uma cobertura melhor, porém são mais propensas à deriva e a evapotranspiração (GABRIEL et al., 2013). Dentre as medidas que se deve tomar ao realizar uma aplicação de qualidade, a escolha do tamanho da gota é uma das mais influenciadas quando as pontas utilizadas no pulverizador estão gastas (SINGH et al., 2019).

As pontas utilizadas nesta pesquisa geraram vários tamanhos de gotas, demonstrados através do DMV. As gotas foram classificadas em: JA3_a como fina, AD_D02 média, BD02 fina, JA3_b fina, JCI025 fina, AXI03 média, e as pontas CVI025 e AVI02 como muito grossas. A partir da Figura 3 foi possível verificar que a variação do DMV ocasionado pelo desgaste das pontas não representou mudança significativa ao ponto de mudar a classificação original do tamanho de gotas quando as pontas eram novas (representadas pelo valor com asterisco). Portanto, o desgaste em condições de campo não altera a classificação do tamanho de gota.

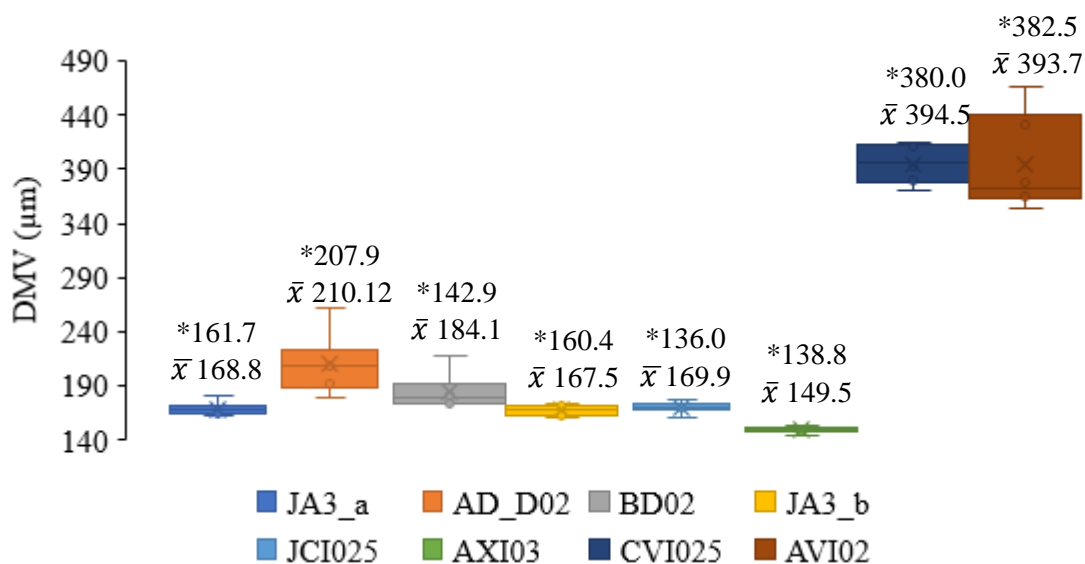


Figura 3. DMV (diâmetro mediano volumétrico, μm) de modelos de pontas: JA3, AD_D 11002, BD 11002, JA3, JCI 80025, AXI 11003, CVI 110025 e AVI 11002. Valores representados pelos asteriscos são os valores de referência para cada ponta avaliada. O valor apresentado abaixo é a média de cada tratamento, simbolizado pelo “ \bar{x} ” no gráfico.

O índice SPAN representa a amplitude relativa do espectro da gota e indica a homogeneidade do tamanho da gota na amostra. De tal forma, à medida que esse índice aumenta, aumenta-se a heterogeneidade do espectro. A amplitude relativa, representa valores de homogeneidade das gotas, quanto menor o valor mais homogêneo o espectro das gotas (CAMOLESE et al. 2016). Quanto maior o percentual da amplitude relativa maior será a propensão à deriva das gotas devido ao seu tamanho menor (ARVIDSSON et al., 2015). Observou-se através da Figura 4 que houve variação na amplitude relativa nas pontas AD e AXI, diminuindo e aumentando, respectivamente, em relação ao valor de referência.

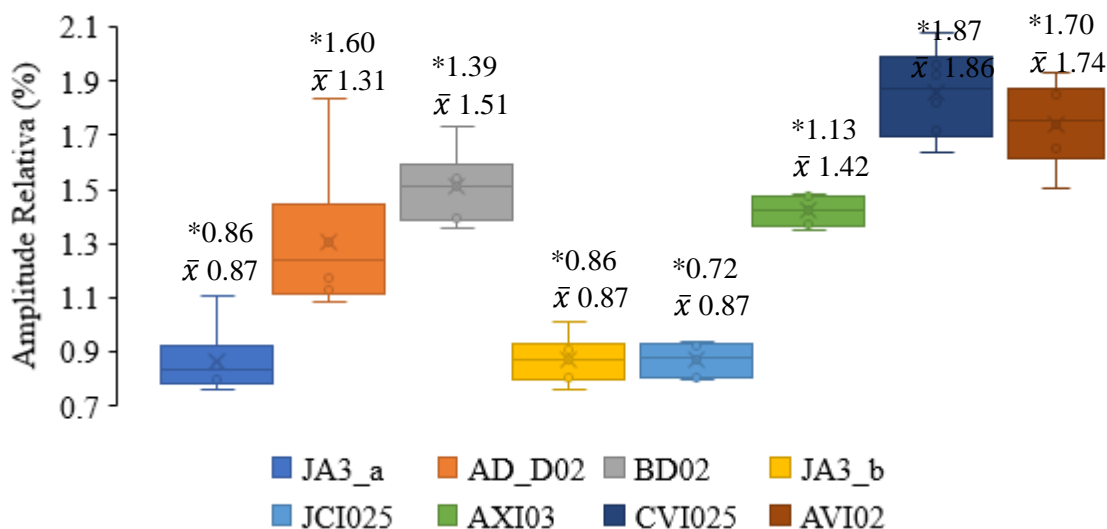


Figura 4. Amplitude relativa (%) de modelos de pontas: JA3, AD_D 11002, BD 11002, JA3, JCI 80025, AXI 11003, CVI 110025 e AVI 11002. Valores representados pelos asteriscos são valores de referência para cada ponta avaliada. O valor apresentado abaixo é a média de cada tratamento, simbolizado pelo “ \bar{x} ” no gráfico.

As pontas dos modelos AD_D02 e CVI025 apresentaram uma amplitude relativa menor do que o valor de referência, produzindo uma menor quantidade de gotas pequenas, tendo menor propensão à deriva. Tais pontas geraram gotas médias e muito grossas, respectivamente, como pode ser observado na Figura 3. As demais pontas atingiram amplitude relativa maior que a de referência, sendo a maior diferença apresentada pelo modelo AXI03, indicando que esse modelo proporciona maior deriva. As pontas que apresentaram menor homogeneidade foram a CVI025 e a AVI02.

O ideal é que o valor da amplitude seja zero para maior homogeneidade, todavia, as pontas comerciais possuem uma variação no tamanho das gotas que são produzidas (SASAKI et al., 2016). Segundo Christofletti (1999), os valores de DMV e Amplitude relativa devem ser avaliados conjuntamente, o primeiro denota sobre o tamanho das gotas e segundo sobre a sua homogeneidade de distribuição, ambos fornecem informações mais precisas sobre a qualidade da aplicação

Segundo Baio et al. (2015), o aumento da pressão do sistema objetivando aumentar o volume de aplicação ocasiona o aumento do percentual de gotas que $100 \mu\text{m}$. Na Figura 5 pode-se observar que o valor de referência para o percentual de gotas menores que $100 \mu\text{m}$ foi de 6,12% para a ponta JA3_a, e porcentagem média da ponta foi de 5,67%, valor esse menor que

o do referencial. As pontas BD02 e AXI03 também alcançaram medias menores do que o referencial, indicado produzir baixo percentual de gotas menores que 100 μm , diminuindo a deriva. As demais pontas alcançaram percentual maior que o referencial, ou seja, o percentual de gotas menores que 100 μm está maior do que o indicado, proporcionando maior perda de produto por deriva.

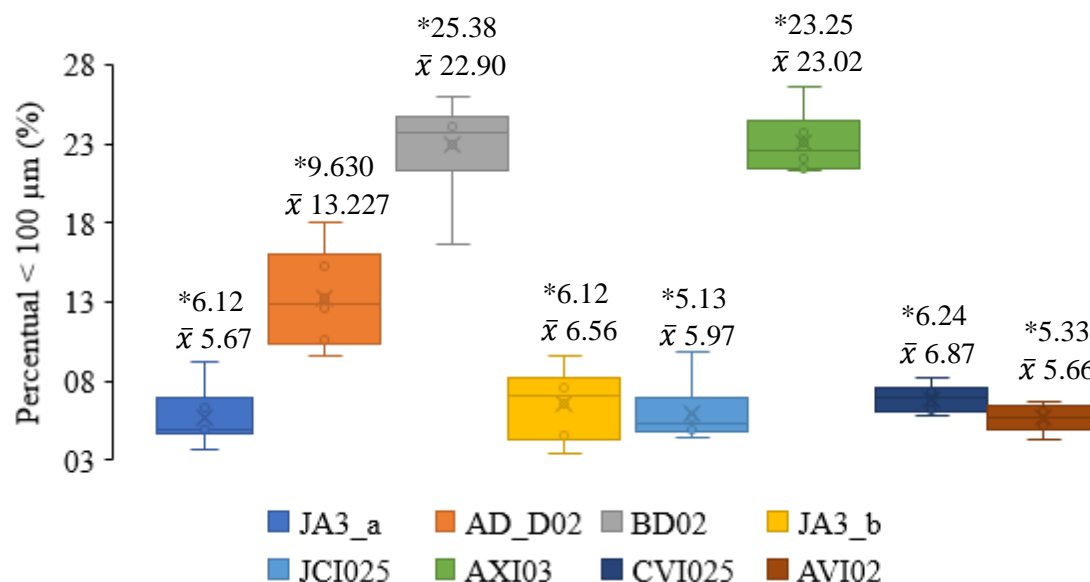


Figura 5. Gráfico de caixa para os valores Percentual de gotas menores que 100 μm . de modelos de pontas: JA3, AD_D 11002, BD 11002, JA3, JCI 80025, AXI 11003, CVI 110025 e AVI 11002. Valores representados pelos asteriscos são valores de referência para cada ponta avaliada. O valor apresentado abaixo é a média de cada tratamento, simbolizado pelo “ \bar{x} ” no gráfico.

Segundo Cunha (2008), para alcançar uma aplicação com risco de deriva baixo é indicado que o percentual de gotas menores que 100 μm deve estar abaixo de 15%. Nesses parâmetros as pontas que não atenderam esse requisito foram os modelos BD02 e AXI03, com percentual médio de 22,90% e 23,02% respectivamente.

A análise de rede de correlações de Pearson (Figura 6), mostrou correlação positiva e de alta magnitude entre as variáveis USO e Amplitude relativa e entre Percentual de gotas menores que 100 μm ($\% < 100$) e Amplitude relativa. A alta correlação exemplificada pela magnitude forte do traço em coloração verde entre o percentual de gotas menores de 100 μm e

a amplitude relativa, demonstram influencia na qualidade da aplicação e na eficiência em atingir o alvo, conforme o descrito por Sasaki et al., (2016).

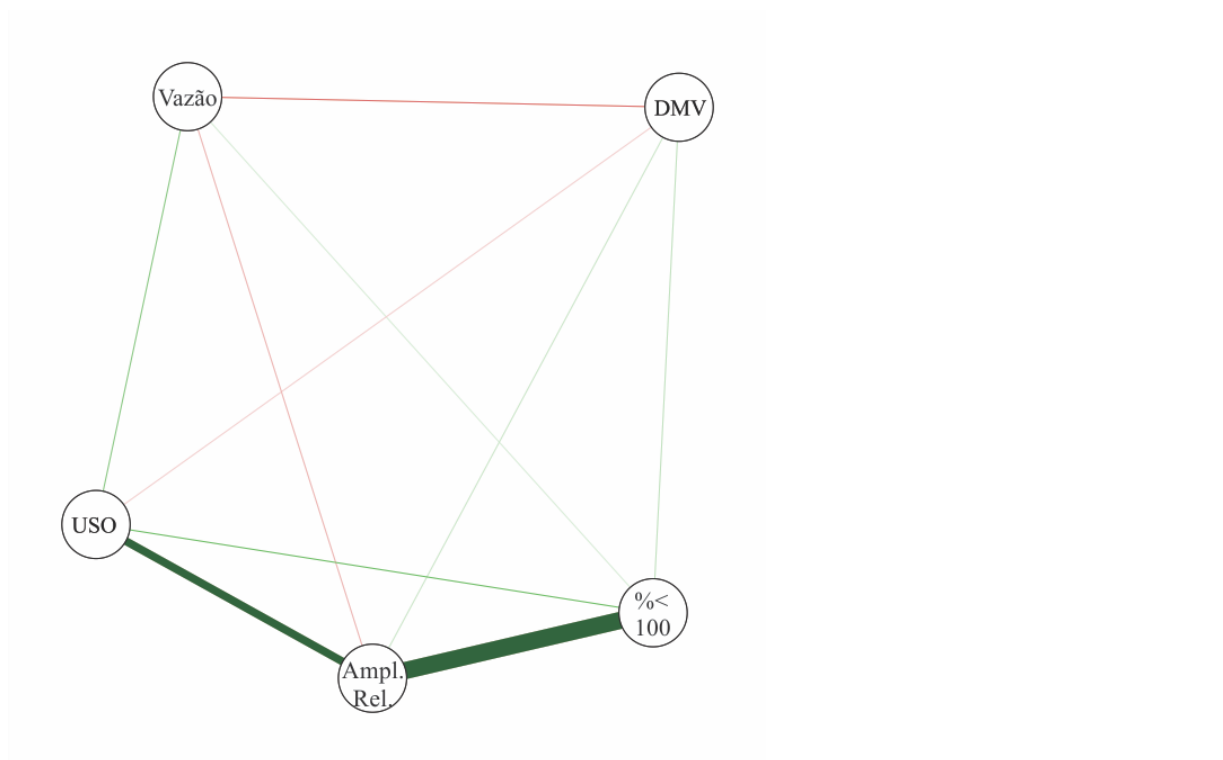


Figura 6. Rede de correlação de Pearson entre as variáveis Vazão, DMV, Amplitude relativa (Ampl. Rel.), Percentual de gotas menores que 100 μm ($\%<100$) e USO.

Entre as variáveis Vazão, DMV, Percentual de gotas menores que 100 μm , USO e SPAN com os modelos de ponta utilizados (Figura 7). A análise de correlação canônicas torna-se complementar a análise de componentes principais, todavia a utilização é mais indicada quando o experimento possui repetição. Segundo Cruz e Regazzi (1997), para obter interpretações concisas do gráfico é necessário que o somatório das duas primeiras variáveis canônicas seja superior a 80%. Os autovetores Percentual de gotas menores que 100 μm ($\%<100$) e Vazão obtiveram proximidade com as pontas de pulverização AD, BD e JAa, ou seja, tais pontas apresentaram maior relação, inferindo maior valor, para os autovetores citados. As pontas citadas obtiveram maiores médias para vazão, valor que pode ser observado na Figura 1, concordando sua proximidade com o autovetor citado. O percentual de gotas menores que 100 μm , a ponta BD alcançou a maior média dentre todas as outras testadas, dado que pode ser

observado na Figura 4, o que também pode explicar a relação com o autovetor na análise de variáveis canônicas.

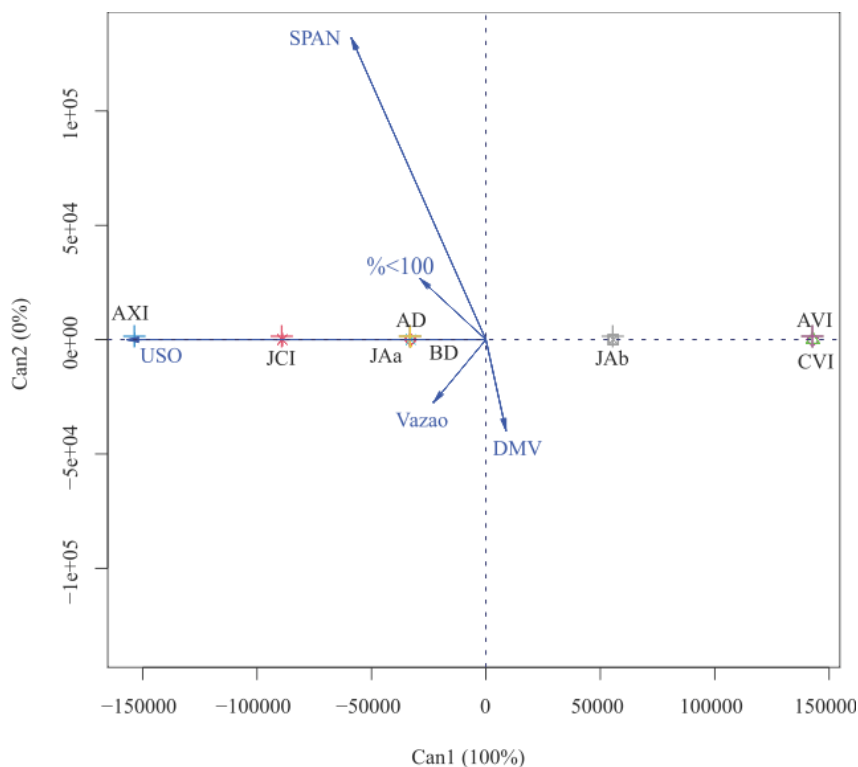


Figura 7. Análise de variáveis canônicas entre Vazão, DMV, Percentual de gotas menores que 100 μm ($\%<100$), USO e SPAN de oito pontas distintas de pulverização.

Os autovetores demonstram uma que as pontas AXI, JCI, JAa, BD e AD apresentaram relação de variação com proximidade aos valores de USO, concomitantemente foram as pontas que permaneceram maior tempo em horas de utilização (Tabela 1). A ponta BD apresentou maior relação com a vazão, com o percentual de gotas menores que 100 μm . Nas análises anteriores esse modelo de ponta esteve entre as maiores taxas de vazão. Em comparação com a taxa referência de 5% sua vazão estava fora do limite aceitável. Essa ponta também alcançou a segunda maior média para percentual de gotas maiores que 100 μm , explicando também sua proximidade o mesmo autovetor na análise de variáveis canônicas. Pode-se inferir que tal ponta estava com desgaste e foi trocada tardiamente gerando ineficiência durante a aplicação.

CONCLUSÃO

Os modelos de pontas utilizados JA3_a, AD_D02, BD02, JA3_b, JCI025, AXI03 e CVI025 que foram trocadas tardiamente demonstrou vazão média superior a 5% ao valor de referência. O modelo de ponta BD02 apresenta maiores valores para USO, vazão e percentual de gotas menores que 100 μm , indicando que sua troca deveria ter sido realizada em um momento anterior.

Além da variação da vazão, o desgaste das pontas acarreta mudanças nas características da população de gotas, representadas pelo DMV, amplitude relativa e percentual de gotas menores que 100 μm . O momento adequado da troca torna-se importante para assegurar a qualidade da aplicação o que pode evitar prejuízos desnecessários.

REFERENCIAS

ALVARENGA, C. B. Efeitos do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 97-110, 2014.

ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pesticide Management Science**, v. 67, n. 5, p. 586-598, 2011.

BAIO, F. H. R.; SCARPIN, I. M.; DA SILVA, E. E. Papel hidrossensível e alternativo fotográfico em ensaios de deposição de gotas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 4, p. 339-347, 2015.

BAIO, F.H.R.; ZANIN, A.R.A.; TEODORO, L.P.R.; FONTOURA, J.V.P.F.; TEODORO, P.E. Spray nozzle wear effects on droplet population. **Engenharia Agrícola**, v.42, n.4, e20220070, 2022.

BHERING, L.L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and applied biotechnology**. v.17, 187-190p. 2017.

BONADIO, J. A. B.; NETO, R. A.; COSTA, N. V.; RAMELLA, J. R. P. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas: inovações. **Ciências Agrárias**, v. 207, 2015.

CAMOLESE, H. S.; BAIO, F. H. R. (2016). Deposição de agrotóxicos pela pulverização noturna em volume de aplicação reduzido na cultura do algodoeiro. **Agrarian**, v. 9, n. 34, p. 365-373, 2016.

CAVALCANTI, FÁBIO ROSSI; GARRIDO, L. da R. Controle de doenças. Embrapa. 2015.
CHRISTOFOLETTI, J. C. Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle São Paulo: Teejet South América, 1999. 15 p.

CONSTANTIN, J.; SALES, J. G. C.; MACIEL, C. D. G. Característica da deposição e distribuição de calda de pulverização na cultura da soja em estágio fenológico V6. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 3, p. 113-124, 2012.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997, p. 390.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, p.10-15, 2008.

FREITAS, F. C. L.; TEIXEIRA, M. M.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 164-167, 2005.

KRAUSE, C. R.; REICHARD, D. L.; ZHU, H.; BRAZEE, R. D.; FOX, R. D.; OZKAN, H. E. Evaluation of fan-pattern spray nozzle wear using scanning electron microscopy. **Scanning**, v. 25, n. 1, p. 8–11, 2006.

LEITE, M. F.; SERRA, J. C. V. **Avaliação dos impactos ambientais na aplicação dos agrotóxicos**. Guarapuava: UFT, 2013.

MARTINI, A. T.; SCHLOSSER, J. F.; BARBIERI, J. P.; BERTOLLO, G. M.; NEGRI, G. M.; BERTINATTO, R. Aspectos relevantes na inspeção de pulverizadores agrícolas: impactos na precisão das pulverizações de agrotóxicos. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 4, p. 72-82, 2017.

MILANOWSKI, M.; SUBR, A.; PARAFINIUK, S. Evaluation of Different Internal Designs of Hydraulic Nozzles under an Accelerated Wear Test. **Applied Sciences**, v. 12, n. 2, p. 889, 2022.

PAN, X. L.; DONG, F. S.; WU, X. H.; JUN, X. U.; LIU, X. G.; ZHENG, Y. Q. Progress of the discovery, application, and control technologies of chemical pesticides in China. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 18, n. 4, p. 840-853, 2019.

PEIXOTO, R. L. O.; CUNHA, I. B. C.; CAIXETA, D. F. Perfil de deposição e vazão de pontas de pulverização TTI11003 sob diferentes níveis de desgaste. **Ipê Agronomic Journal**, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2020.

PIMENTEL-GOMES, F. **O índice de variação: um substitute vantajoso do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1991. 4p.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B.; Espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 24, n. 3, p. 211-218, 2016.

SILVA CAMOLESE, H.; BAILO, F. H. R. Deposição de agrotóxicos pela pulverização noturna em volume de aplicação reduzido na cultura do algodoeiro. **Agrarian**, v. 9, n. 34, p. 365-373, 2016.

SINGH, A. K.; BHATT, Y. C. Wear on circular orifice plate of hollow-cone type agrochemical spray nozzles. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 20, n.3, p.78-84, 2018.

SAYINCI, B. Effect of strainer type, spray pressure, and orifice size on the discharge coefficient of standard flat-fan nozzles. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, n. 5, p. 692-704, 2015.