

Aspectos relevantes da inspeção de pulverizadores agrícolas: Impactos na precisão das pulverizações de agrotóxicos

Alfran Tellechea Martini¹, José Fernando Schlosser², Juan Paulo Barbieri¹, Gilvan Moisés Bertollo¹, Giácomo Müller Negri³, Rovian Bertinatto¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

²Departamento de Engenharia Rural (DER), Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

³Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Email autor correspondente: alfrantm@gmail.com

Artigo enviado em 20/03/2017, aceito em 14/12/2017.

Resumo: A necessidade de aumentar da produção das áreas agrícolas, a preocupação com alimentos mais saudáveis e a redução da contaminação ambiental faz com que a utilização de agrotóxicos seja cada vez mais técnica e sua aplicação precisa. Nesse sentido, há necessidade de que os projetos de inspeção de pulverizadores agrícolas sejam intensificados no Brasil, visto que, nos países que compõem a União Européia as inspeções são realizadas de forma obrigatória. Desta forma, com o intuito de buscar a precisão das aplicações de agrotóxicos, na Europa foi instituída a normativa EN 13790, o que, posteriormente possibilitou gerar a norma ISO 16122. Esta estabelece os requisitos e métodos para a verificação necessária nas inspeções técnicas de pulverizadores, referindo-se principalmente ao estado de conservação do pulverizador em relação à segurança dos operadores, risco potencial de contaminação do meio ambiente e formas de otimizar as aplicações. Com isso, o objetivo desta revisão foi descrever a importância da inspeção de pulverizadores agrícolas e seus aspectos mais relevantes, os quais estão diretamente relacionados à precisão das pulverizações de agrotóxicos. Considerando os resultados positivos encontrados nos países Europeus, pode-se concluir que há necessidade de que a metodologia utilizada seja difundida, de forma a intensificar sua utilização, a qual será de fundamental importância para padronizar o método das inspeções de pulverizadores agrícolas no Brasil.

Palavras-chave: máquinas aplicadoras de agrotóxicos; qualidade na aplicação; tecnologia de aplicação.

Relevant aspects of inspection of agricultural sprays: Impacts on the accuracy of pesticides spraying

Abstract: The need to increase production in agricultural areas, the concern for healthier food and reduce environmental contamination makes the use of pesticides increasingly technical and with accurate application. In this sense, there is a need for agricultural sprayer inspection projects to be intensified in Brazil, taking account that in the countries of European Union, these inspections are carried out in a mandatory form. In this way, in order to obtain the accuracy of pesticide applications, in Europe the EN 13790 standard was established, which later allowed the ISO 16122 to be generated. This norm establishes the requirements and methods for the necessary verification in the sprayers inspections, which refers to mainly to the state of conservation of the

sprayer in relation to the safety of the operators, potential risk of environmental contamination and ways to optimize the applications. Therefore, the aim of this review was described the importance of agricultural sprayers inspection and their most relevant aspects, which are directly related to the spraying accuracy of pesticides. Considering the positive results found in the European countries, it can be concluded that it is necessary that the methodology used be disseminated in order to intensify its use, which will be of fundamental importance to standardize the method of agricultural sprayers inspections in Brazil.

Keywords: pesticide applicator machines; quality in application; application technology.

Introdução

Estima-se que em 50 anos haja necessidade da produção do dobro de alimentos para suprir as exigências alimentares da população mundial, sendo que o Brasil será responsável pela produção de cerca de 40% da produção global de alimentos. Deste montante, 10% serão resultantes da utilização eficiente do sistema, tendo em vista à redução das perdas na produção, 20% serão provenientes de novas áreas cultivadas e 70% deverão ser procedentes da utilização de novas tecnologias que possibilitem que as áreas já consolidadas expressem seu potencial produtivo (MARTINI et al., 2016). Porém, para atingir a produção satisfatória de alimentos em escala comercial, torna-se necessário utilizar diversos métodos, sendo que o uso de agrotóxicos no controle de plantas daninhas, insetos e doenças é um deles. Dessa forma, estudos referentes à precisão de pulverizações e a qualidade dos equipamentos comercializados são de suma importância para o setor agrícola, tendo em vista a diversidade de agrotóxicos utilizados.

O tratamento fitossanitário, para ser eficiente, não depende somente da fração de ingrediente ativo depositado no alvo, mas também da uniformidade e distribuição sobre a superfície a qual se deseja atingir. Dessa forma, os equipamentos de pulverização têm a função de distribuir o produto com tamanho de gotas adequado sobre esse

alvo. Neste contexto, Schlosser (2002) explana que, para se obter qualidade na aplicação de agrotóxicos, há necessidade de ser reunido o maior número de dados sobre quatro fatores envolvidos no processo de pulverização: máquina agrícola, alvo biológico, fatores climáticos regionais e agrotóxicos a serem utilizados.

O uso excessivo de agrotóxicos para proteção de plantas, não somente é antieconômico, mas também pode provocar consequências adversas à saúde humana, ao ambiente e a agricultura. Estes problemas se dão, devido à falta de planejamento ou, até mesmo, a utilização de equipamentos mal regulados ou calibrados e ainda por conduzirem as atividades fora das condições adequadas de trabalho. Em consequência, poderá ocorrer a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos, poluição ambiental, bem como resistência do alvo biológico aos ingredientes ativos.

Para se realizar pulverizações precisas, os pulverizadores devem estar em boas condições de uso, sendo que, este fator está relacionado diretamente com a sua manutenção. Pulverizadores desregulados ou em estado precário de conservação podem causar demasiadas perdas e conseqüentemente aumentar o risco de contaminação do meio ambiente pelos excessivos volumes de calda. Com esta precariedade encontrada nas máquinas agrícolas voltadas para pulverização de

agrotóxicos, há necessidade que sejam realizadas avaliações criteriosas nesses equipamentos e que haja padronização de quais itens serão considerados nas inspeções de pulverizadores (MÁRQUEZ, 2001).

Diante disso, esta revisão foi realizada com o propósito de descrever a importância da inspeção de pulverizadores agrícolas e seus aspectos mais relevantes, os quais estão diretamente relacionados à precisão das pulverizações de agrotóxicos.

A inspeção de pulverizadores

Estudos relatam que a partir da década de 1940 surgem as primeiras avaliações, sendo estas, realizadas de forma isolada nos componentes dos pulverizadores. No entanto, somente próximo aos anos 70 desenvolvem-se os primeiros programas de inspeção periódica (REICHARD et al., 1991).

Segundo Ganzelmeier & Rietz (1998), após o início das inspeções na Alemanha, já na década de 1970, Eslovênia e Áustria também aderiram ao projeto, seguido por Croácia, Itália, Holanda e Suécia na década de 1980 e, mais recentemente Espanha, Noruega, Dinamarca, Bélgica, Finlândia e Inglaterra na década de 1990. A inspeção de pulverizadores agrícolas na Noruega teve início em 1991, sendo que, em sete anos de realização do projeto cerca de 6.500 máquinas já haviam sido avaliadas. Tais inspeções foram possíveis pelo desenvolvimento de aproximadamente 70 laboratórios móveis, pela Universidade Agrícola da Noruega (BJUGSTAD, 1998).

Segundo Val (2006), os pulverizadores inspecionados na região de Valência na Espanha, eram divididos em duas classes: aptos ou não aptos. Os não aptos, eram ainda subdivididos em desconformidades leves ou graves, sendo que, para equipamentos com

desconformidades leves, era possível que o proprietário realizasse reparos em um determinado prazo, tornando o equipamento capaz de ser submetido a uma próxima inspeção. No entanto, pulverizadores que apresentassem desconformidades graves, eram reprovados pelo programa.

Sendo assim, posteriormente, os países que compõem a União Européia desenvolveram a norma EN 13790 a qual definia a metodologia a ser utilizada na Europa para inspecionar pulverizadores. O emprego desta norma Européia nas inspeções permitia determinar precisamente o estado de uso e conservação dos pulverizadores, separando-os em três categorias (DECLERCQ et al., 2009). A categoria I relacionava-se a problemas que implicavam em reprovação do pulverizador perante a metodologia. A categoria II fazia referência os problemas observados os quais rejeitavam parcialmente os pulverizadores e que poderiam ser reparados para nova inspeção e a categoria III referia-se aos defeitos leves que eram notificados visando melhorar o funcionamento do pulverizador.

Posteriormente, com o objetivo de padronizar internacionalmente as inspeções de pulverizadores agrícolas, foi desenvolvida a norma ISO 16122 (partes I, II, III e IV), tendo como base a metodologia descrita na EN 13790. Esta norma faz referência às condições dos pulverizadores, com ênfase a segurança operacional, risco potencial de contaminação ambiental e as condições para se realizar aplicação correta dos agrotóxicos (ISO 16122, 2015).

Sendo assim, atualmente, para a verificação do cumprimento dos requisitos que permitem a utilização destes pulverizadores, devem ser utilizados métodos de inspeção, ensaios funcionais, medições e ainda estar de acordo com as disposições legais

referentes à saúde e prevenção de riscos ao meio ambiente e aos seres humanos. Dessa forma, estudos relacionados à aplicação de agrotóxicos, sua precisão, qualidade e avaliação do estado de uso e manutenção dos pulverizadores utilizados, tornam-se importantes para aumentar a segurança, eficiência e distribuição de gotas no alvo.

Itens relevantes e seus aspectos na inspeção de pulverizadores

Manômetros e pressão do sistema

Os medidores de pressão (manômetros) indicam a pressão do circuito hidráulico dos pulverizadores. Seu uso é imprescindível, pois a pressão é um dos parâmetros utilizados para calibrar estas máquinas. Nesse sentido, há necessidade de estar em bom estado de funcionamento e sua escala deve ser adequada para leitura conforme o trabalho utilizado (ÁLVAREZ, 2009). Segundo a norma ISO 16122 (2015), a escala deve ser dividida a cada 0,2 bar pra pressões de trabalho inferiores a 5 bar; a cada 1 bar para pressões de trabalho compreendidas entre 5 e 20 bar e a cada 2 bar para pressões de trabalho superiores a 20 bar. Além disso, para que possibilite uma boa leitura da pressão, seu diâmetro mínimo deve ser de 63 mm.

A distribuição uniforme da calda de aplicação é dada pelas condições de montagem e operação do pulverizador como: pressão de trabalho, espaçamento entre bicos, ângulo de abertura das pontas, espectro de gotas, altura da barra e volume de aplicação, o qual deve ser constante ao longo da barra, admitindo-se variações de até 5,0% (ISO 16122, 2015).

Os manômetros com defeito causam o segundo maior número de rejeições de pulverizadores. Segundo dados de inspeções realizados na

Europa, o número de rejeições podem chegar a 20,0% (DECLERCQ et al., 2009). Porém, segundo Antuniassi e Gandolfo (2004), ao realizarem as inspeções de pulverizadores no Brasil as desconformidades dos manômetros são ainda maiores, podendo chegar a 92,3%.

As avaliações dos manômetros são realizadas em uma bancada de circuito fechado por comparação com um manômetro de precisão, sendo que, a faixa de pressão utilizada deve compreender a escala do manômetro que equipa o pulverizador (ISO 16122, 2015). Segundo a metodologia descrita na referida norma, os manômetros serão aprovados quando a diferença entre estes for inferior a 10,0%. Posteriormente se realiza avaliação da distribuição da pressão e sua pulsação no interior do circuito hidráulico, para isso são utilizados manômetros no início e ao final das seções que compõem a barra de pulverização, retirando-se a ponta de pulverização e acoplado-se os manômetros.

O equilíbrio de pressão entre as diferentes seções da barra de pulverização é um parâmetro importante a qual possibilita a distribuição uniforme da calda (ÁLVAREZ, 2009). Segundo a norma ISO 16122 (2015), a variação deve ser a mínima possível, sendo que, a pulsação da pressão, queda de pressão, distribuição da pressão e a variação da pressão com as seções fechadas, bem como, com a pulverização desligada não deve ser superior a 10,0%.

No entanto pode-se observar que há diferentes razões para heterogeneidade da pressão do sistema, as quais podem estar relacionadas aos condutos da alimentação de diferentes tamanhos, filtros obstruídos, bloqueio ou estrangulamento das seções da barra ou ainda pulsação da bomba de pressurização. Segundo Declercq et al. (2009), o bloqueio das seções e defeitos

de distribuição podem causar a rejeição do pulverizador. Sendo que, segundo os mesmos autores, aproximadamente 8,0% dos pulverizadores são rejeitados como resultado de diferença de pressão entre as seções.

Bicos, filtros e válvula antigotejo

Ao final do circuito hidráulico dos pulverizadores existe um conjunto denominado de bico, o qual é composto pela estrutura que permite fixar na barra, o corpo, o anel de vedação, o filtro, a capa e a ponta de pulverização, sendo a ponta, a peça mais importante, pois regula o volume de aplicação, o tamanho das gotas e a o jato gerado (RAETANO e ANTUNIASSI, 2004).

Os pulverizadores de barra, em sua maioria, possuem bicos espaçados de 40 ou 50 cm, sendo que, a utilização de determinadas pontas de pulverização permitem a alteração do espaçamento entre bicos, fazendo que se possa trabalhar com espaçamentos 80, 100 e 120 cm (FREITAS et al., 2005). O espaçamento dos bicos na barra e a altura em relação ao alvo serão determinados pelo tipo de ponta a ser utilizado, uma vez que cada ponta possui características próprias de distribuição volumétrica (MATTHEWS, 2002).

Segundo a norma ISO 16122 (2015), considerando pulverizadores de barra, a distância entre as pontas e sua orientação em relação ao alvo (ângulo de ranhura) deve ser uniforme ao longo de toda barra de pulverização, sendo que, a diferença máxima aceitável no espaçamento das pontas é de 5,0% e o ângulo de ranhura máximo de 10°. Segundo a mesma norma, a distância da ponta até a superfície do alvo é dada pela avaliação da estabilidade vertical da barra a qual não deve exceder 0,5% da largura de trabalho, já a estabilidade horizontal não deve ser superior a 2,5%

ao comprimento da barra de pulverização.

Outro item relevante é o sistema de filtragem da calda o qual é composto pelos filtros de abastecimento, de reservatório, de bomba, de linha e das pontas de pulverização, sendo que cada um apresenta sua referida importância no sistema de filtragem da calda (CASALI, 2012). Neste sentido, é importante destacar que os problemas normalmente encontrados nos filtros são: malha furada, rasgada ou em péssimo estado de conservação o que por consequência faz com que este filtro não desempenhe sua atividade, comprometendo a precisão das aplicações de agrotóxicos. Os filtros devem estar em bom estado de conservação e o número de malha por polegada (*mesh*) deve estar de acordo com o orifício das pontas utilizadas, seguindo as instruções dos fabricantes (ÁLVAREZ, 2009). Neste sentido, há necessidade de destacar a manutenção e limpeza dos filtros das pontas para evitar que os sedimentos afetem a qualidade de pulverização da calda (CASALI, 2012).

No entanto, visando a redução da contaminação ambiental das atividades de pulverização, também é importante analisar a presença e o funcionamento da válvula antigotejo, a qual tem por objetivo interromper o fluxo de calda nas pontas de pulverização após a bomba do pulverizador ser desligada, por este motivo, esta deve se fazer presente em todos bicos que compõe a barra de pulverização (ÁLVAREZ, 2009). Conforme descrito na norma ISO 16122 (2015), esta válvula deve cessar o gotejamento, no máximo, em até cinco segundos após desligar a pulverização.

Em estudo realizado na Itália, Baldi e Vieri (1992) observaram que a válvula antigotejo se fez presente em somente 15,0% dos pulverizadores. No entanto, em estudo mais recente

realizado por Alvarenga (2009), a válvula antigotejo foi encontrada em 52,9% dos pulverizadores avaliados, o que ainda são considerados baixos percentuais, frente ao importante papel que desempenha este componente.

Pontas de pulverização

As pontas representam um dos principais componentes dos pulverizadores, garantindo a qualidade e a segurança da pulverização. As pontas apresentam como funções básicas: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuí-las uniformemente sobre o alvo e controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998). Sendo assim, a seleção e a uniformidade de distribuição destas são de suma importância, pois é o fator determinante para se obter qualidade e precisão nas pulverizações de agrotóxicos (JOHNSON e SWETNAM, 1996).

Com a evolução da tecnologia e a busca na qualidade da aplicação, houveram evoluções na produção e qualidade das pontas de pulverização. No passado, o material utilizado pelas fábricas era o bronze (cobre estanhado) e o latão (liga de cobre e zinco), uma vez que as exigências para a geração destas peças não era demasiada e não havia controle de qualidade eficaz. Posteriormente passou-se a utilizar o plástico como matéria prima para a produção das pontas, no entanto, pela utilização de compostos inadequados para a finalidade que se propunha, foi pouco aceito. Porém com a evolução e a utilização de matéria prima de melhor qualidade, atualmente os resultados gerados são superiores aos obtidos com pontas produzidas com bronze ou latão. Com a evolução mais recente desta área, atualmente são comercializadas pontas produzidas em plástico (poliacetal), aço inoxidável e cerâmica (MASIÁ & CID, 2010).

Comercialmente existe uma grande variedade de pontas, permitindo o uso para determinadas funções e situações específicas (BAUER e RAETANO, 2004). Sendo que, cada ponta possui uma característica de distribuição padrão, o que vai limitar a altura em relação ao alvo e o espaçamento entre estas na barra de pulverização (MATTHEWS, 2001). A correta seleção das pontas de pulverização tem o objetivo de adequar o equipamento ao tipo de aplicação que irá exercer, conferindo maior precisão da atividade (BOLLER, 2006).

As pontas de pulverização têm vida útil média que varia conforme o material a qual é produzida, sendo que o desgaste destas está relacionado à qualidade da água e ao tipo de agrotóxico utilizado durante as aplicações. Formulações com capacidade mais abrasiva possuem características de maiores desgastes das pontas, no entanto, pontas produzidas em cerâmica têm maior durabilidade quando comparadas com as demais (MASIÁ e CID, 2010). Todavia, as pontas de cerâmica têm uma característica peculiar a qual faz com que muitas vezes sejam substituídas por pontas de aço inoxidável ou poliacetal, pelo motivo de que a cerâmica se rompe com maior facilidade se sofrer algum impacto (MASIÁ e CID, 2010).

As pontas de pulverização mais utilizadas em grandes culturas são as de jato plano, as quais podem apresentar diferentes riscos de deriva conforme o ângulo de abertura de leque e a pressão de trabalho (CUNHA et al., 2003). No entanto, com o desenvolvimento de pontas do tipo antideriva, há uma tendência de substituição das que eram rotineiramente utilizadas, pelas pontas com indução de ar, pois o potencial risco de deriva é menor. Essas pontas de pulverização são dotadas de pré-orifício (indutor de ar), localizado antes da

abertura para a formação do jato, que permite a formação de gotas de maior diâmetro, característica obtida pela injeção de ar na câmara onde são produzidas as gotas ou ainda pela despressurização do sistema (CUNHA et al., 2003).

Existem também as pontas de jato plano duplo com pré-orifício, a qual possui como vantagem a maior capacidade de cobertura do alvo e penetração no dossel foliar das culturas quando comparado com espectro de gotas grossas e menos propensas a deriva em relação às gotas finas (CUNHA et al., 2008). Esta diferença no espectro das gotas se dá, pois pontas de jato plano duplo com pré-orifício apresentam dois orifícios elípticos, localizados antes da abertura de saída da calda e formação dos jatos planos, o que permite formar gotas maiores em relação a pontas sem o pré-orifício (CUNHA et al., 2008).

A rigor, gotas menores melhoram a deposição do produto no alvo, proporcionando melhores resultados de controle (SCHRÖDER, 2003). Entretanto, a utilização de gotas menores pode implicar em perdas por evaporação e deriva (QUANTICK, 1985). Já, gotas maiores tendem a se depositar na parte superior das plantas (KIRK et al., 1992). Porém, a uniformidade de distribuição, além da escolha correta das pontas, está intimamente relacionada à regulagem adequada do equipamento e à velocidade de trabalho (CHRISTOFOLETTI, 1998). Sendo que, as pontas não só devem proporcionar distribuição uniforme, mas também há necessidade de que o espectro de gotas seja o menos heterogêneo possível (CUNHA, 2003).

Quando se considera a homogeneidade de cobertura do alvo, pressupõe a distribuição uniforme, caracterizando por baixos coeficientes de variação volumétrica superficial,

tanto no sentido transversal como longitudinal (CUNHA e RUAS, 2006). A uniformidade transversal depende da ponta utilizada, do seu desgaste, da sobreposição dos jatos e posicionamento dos bicos, sendo que, conforme a norma ISO 16122 (2015), a distribuição transversal será considerada adequada quando o coeficiente de variação for de até 10,0%. No entanto, ao ser considerada a vazão das pontas, esta poderá ser alterada se estiver obstruída ou desgastada, neste sentido, é considerado adequado o conjunto de pontas de pulverização que apresentarem vazão de até 15,0% superior a vazão tabelada para pontas que possuam vazão menor que um litro por minuto em sua pressão máxima de trabalho e, vazão de até 10,0% superior a vazão tabelada para pontas que possuam vazão maior ou igual a um litro por minuto em sua máxima pressão de trabalho.

Volume de aplicação

Há uma tendência para redução dos volumes de aplicação, pois além de permitir maior rendimento operacional nas pulverizações, permite menor consumo de água por unidade de área, o que resulta em menor consumo deste bem finito, menor gasto com transporte e tempo de reabastecimento, o que consequentemente reduz os custos operacionais do equipamento de aplicação (LIMA e MACHADO NETO, 2001).

Em termos gerais, a aplicação de herbicidas sistêmicos possui maior eficiência biológica com a utilização de menores volumes de aplicação, o que pode ser explicado pela maior concentração da calda pulverizada. Porém, quando se considera a aplicação de inseticidas, o volume a ser utilizado está relacionado ao tipo de praga que se deseja controlar. Por outra parte, os

fungicidas são mais exigentes com relação à cobertura do alvo biológico, necessitando, em muitos casos, a utilização de maior volume de aplicação quando comparado com aplicação de herbicidas (KUNZ, 2010).

Trabalhos realizados com o cultivo de aveia, trigo e soja relatam efeitos importantes com o aumento do volume de 100 a 200 L ha⁻¹ em pulverização terrestre. Como medida de segurança para este tipo de aplicação, segundo recomendações da Embrapa, poderia se indicar volume de aplicação mínima de 150 L ha⁻¹ (YORINORI e LAZZAROTTO, 2004). No entanto, para aplicação de herbicidas sistêmicos a tendência é a redução do volume de aplicação, já para aplicação de herbicidas de contato, há necessidade definir a taxa de aplicação em função da cobertura do alvo. Em muitos casos, a correta regulagem da pressão de serviço pode ser suficiente para se obter a cobertura desejada sem ser preciso a substituição das pontas de pulverização (KUNZ, 2010).

Diversos trabalhos são conduzidos com a finalidade de avaliar efeitos da utilização de diferentes volumes e equipamentos de aplicação no controle de plantas daninhas. Resultados comprovam que, ao avaliar diferentes pontas de pulverização em aplicação dirigida de glyphosate, a utilização de volumes de calda inferiores a 100 L ha⁻¹ foram mais eficientes. Nesse sentido pode-se dizer que com a redução do volume de aplicação obtem-se caldas mais concentradas, fazendo com que o nível de controle de plantas daninhas seja maior (FURLANETTI et al., 2001).

Porém a resposta de controle de plantas daninhas a redução do volume de aplicação pode se dar de forma diferente conforme a espécie e principalmente a sua morfologia. Segundo Souza e Dorneles (1995), ao avaliarem volumes de calda de 75, 150 e

250 L ha⁻¹ na aplicação de misturas de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja observaram que não houve efeito para *Euphorbia heterophylla* e *Sida* sp. Porém constataram que, os melhores controles de *Bidens pilosa* foram obtidos ao utilizarem os menores volumes de aplicação. Sendo que em outro estudo, ao se avaliar o controle de gramíneas anuais na cultura da soja utilizando fluazifop-p-butyl, não houve diferença ao utilizar os volumes de aplicação de 100 e 200 L ha⁻¹ (LIMA e MACHADO NETO, 2001).

A redução do volume de aplicação pode se dar por diferentes maneiras como: redução da pressão de trabalho, aumento da velocidade de deslocamento do conjunto e, principalmente pela substituição das pontas por outras de menor vazão e que possibilitem boa cobertura do alvo, neste caso atentando-se ao risco de perda das gotas por deriva (FREITAS et al., 2005).

Outra forma que possibilita reduzir o volume de aplicação está relacionada ao aumento do espaçamento entre bicos. Porém, a distribuição das gotas durante a aplicação somente será uniforme se levar em consideração o espaçamento descrito pelos fabricantes, ângulo de abertura do leque e altura da barra em relação ao alvo biológico. É importante salientar que após realizada a calibração dos pulverizadores, realize-se também sua aferição periódica, pois segundo descrito na metodologia da norma ISO 16122 (2015), a diferença tolerável entre o volume teórico e o volume real, bem como, a precisão do fluxômetro (quando presente), é de no máximo 5,0%.

Conclusões

O aumento da demanda mundial por alimentos e a preocupação com a produção sustentável, faz com que os projetos de inspeção de pulverizadores

agrícolas sejam instalados no Brasil, justificados pela necessidade de aumentar a precisão das pulverizações de agrotóxicos.

Considerando os resultados positivos encontrados nos países Europeus, há necessidade de que a metodologia utilizada seja difundida, de forma a intensificar sua utilização, a qual será de fundamental importância para padronizar o método das inspeções de pulverizadores agrícolas no Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por bolsas de pós-graduação e, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa do segundo autor.

Referências

- ALVARENGA, C. B. **Avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia - MG**. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.
- ÁLVAREZ, J. M. O. **Revisión de los pulverizadores de fitosanitarios**. Producción integrada de remolacha azucarera La Rioja. 2009. 42p. (Boletim Técnico).
- ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, M. A. Projeto IPP - inspeção periódica de pulverizadores. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. FEPAF: Botucatu/SP, 2004, v. 1, p. 69-84.
- BALDI, F.; VIERI, M. Controllo e certificazione delle macchine per La distribuizone dei fitofarmaci. **Macchine per La distribuzione de Fitofarmaci**. V. 38, n. 1, p. 27-32, 1992.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.
- BJUGSTAD, N. Control of crop sprayers in Norway. In: **AGENG**. 1998, Oslo. Eurageng. Oslo, 1998.
- BOLLER, W. **Parâmetros técnicos para seleção de pontas**. Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas. Passou Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. P. 43 (Atualidades Técnicas, 2).
- CASALI, A. L. **Condições de uso de pulverizadores e tratores na região central do Rio Grande do Sul**. 2012. 109p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. 1998. 19 p. (Apostila).
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- CUNHA, J. P. A. R., RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p. 61-66, 2006.
- CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L. S.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F.

- C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.
- DECLERCQ, J.; HUYGHEBAERT, B.; NUYTENS, D. An overview of the defects on tested field sprayers in Belgium. In: **Third European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayer**. Brno, 2009. 1994 p.
- 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. 161-167, 2005.
- FURLANETTI, A. C.; MATUO, T.; BARBOSA, J. C. Uniformidade de deposição da calda de pulverização de herbicidas em barra lateral protegida com diferentes combinações de pontas de pulverização. **Planta Daninha**. v. 19, n. 3, p. 445-455, 2001.
- GANZELMEIER, H.; RIETZ, S. Inspection of plant protection in Europe. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING. PART II, 1998, Oslo. **Proceedings...** Oslo: 1998, p. 597-598.
- ISO. International Organization for Standardization. **ISO 16122**: Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use. Geneva, 2015. 88p.
- JOHNSON, M. P.; SWETNAM, L. D. **Sprayer nozzles**: selection and calibration. Lexington: University of Kentucky, 1996. 6 p.
- KIRK, I. W.; BOUSE, L. F.; CARLTON, J. B.; FRANZ, E.; STERMER, R. A. Aerial spray deposition in cotton. **Transactions of the ASAE**, v. 35, n. 5, p. 1393-1399, 1992.
- KUNZ, V. L. **Dinâmica do ar em barra pulverizadora, com saída única e dupla, deposição da calda e controle da ferrugem asiática da soja**. 2010. 48p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.
- LIMA, P. R. F.; MACHADO NETO, J. G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine Max*). **Planta Daninha**. v. 19, n. 1, p. 85-95, 2001.
- MÁRQUEZ, L. Procedimiento normalizado para La auditoría de seguridad em los equipos de pulverización. **Agrotécnica**. Madrid, p. 28-34. 2001.
- MARTINI, A. T.; SCHLOSSER, J. F.; FARIAS, M. S.; NEGRI, G. M.; HERZOG, D. Menu de autopropelidos. **Cultivar Máquinas**. v. 168, n. 14, p. 22-29, 2016.
- MASIÁ, G.; CID, R. Las boquillas de pulverización. In: MAGDALENA, J. C. et al. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Rio Negro: CYTED, 2010. P. 77-88.
- MATTHEWS, G. A. **The application of chemicals for plant disease control**. p. 345-353. In WALLER, J. M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. Plant pathologist's pocketbook. 516 p. 2002.
- QUANTICK, H. R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. London, 1985. 428 p.

RAETANO, C. G. ANTUNIASSI, U. R. (Eds.) **Qualidade em tecnologia de aplicação.** Botucatu: FEPAF, 2004. P. 176 – 180.

RICHARD, D. L.; OZKAN, H. E.; FOX, R. D. Nozzle wear rates and test procedure. **Trans. ASAE, (Am. Soc. Agric. Eng.),** v. 34, p. 2309-2316, 1991.

SARTORI, S. Pulverizadores para aplicação terrestre tratorizada. In: Simpósio Brasileiro Sobre Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente. **Anais...**, Jaboticabal, FCAV, p. 46-79, 1985.

SCHLOSSER, J. F. **Tecnologia de aplicação e máquinas de uso de agroquímicos.** Santa Maria. 2002. 21p. (Série técnica).

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando a minimização de contaminação ambiental.** 2003. 66p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

SIDAHMED, M. M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE,** v. 41, n. 3, p. 531-536, 1998.

SOUZA, R.; DORNELES, S. H. B. Influência do volume de calda na mistura de herbicidas pós-emergente na soja (Glycine Max). In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 20., 1995, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBCPD, 1995, 41 p.

VAL, L. M. **Programas de formación de aplicadores y programa de revisión de equipos.** Diapositivo color. In: JORNADA INTERNACIONAL EN

TECNOLOGIA DE APLICACIÓN. Universidad Politécnica de Valencia. 2006.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul. **Documentos Embrapa Soja,** Londrina, n. 236, 2004, 27 p.