

DEPOSIÇÃO DE CALDA EM ESPIGAS ARTIFICIAIS POR TRÊS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO EM APLICAÇÃO DE FUNGICIDA PARA O CONTROLE DA BRUSONE DO TRIGO

RESUMO: A brusone do trigo é sintomática em todos os órgãos aéreos da planta, mas é na espiga que há o comprometimento da produtividade. O controle químico ainda é a principal estratégia de manejo, mas necessita de estudos que visem a melhor proteção da espiga. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a deposição da calda proporcionada por três pontas de pulverização com três volumes de calda diferentes, no controle da brusone do trigo. O fungicida utilizado foi o proclorazól + trifloxistrobina + óleo, e as pontas e volumes de aplicação foram: jato cônico vazio (JA 1 - 100 L ha⁻¹); jato plano duplo (DB 110015 - 150 L ha⁻¹) e jato plano duplo (TJ60 11002 - 200 L ha⁻¹). Avaliou-se a severidade da doença em plantas de trigo desenvolvidas em vasos e submetidas à inoculação com suspensões de conídios de *Pyricularia oryzae* e o espectro de pulverização utilizando cartões hidrossensíveis. A ponta de jato cônico vazio mostrou uma uniformidade de distribuição da calda com a produção de gotas muito finas, no entanto não foi tão eficiente quanto às pontas de jatos planos para o controle da doença. As pontas DB 110015 e TJ60 11002, produziram gotas finas e foram similares para os parâmetros avaliados. O uso de volume de calda entre 150 e 200 L ha⁻¹ ofereceu o melhor controle da brusone em trigo do que 100 L ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Pyricularia oryzae*. Tecnologia de aplicação. Controle químico.

ABSTRACT: The wheat blast is symptomatic in all aerial plant organs, but in the heads there is impairment of productivity. Chemical control is still the main management strategy, but requires studies aimed at better protection of the ear. The objective of the work

Cristina Boaretto
Mestre em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo, RS.

Walter Boller
Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor da Universidade de Passo Fundo, RS.

João Leodato Nunes Maciel
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil.

Anderson Luiz Durante Danelli
Doutor em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo, RS. Professor da Uniguacu.

Joaquim Dalmiro Urquiza Falcão Machado
Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS.

Carlos Alberto Forcelini
Doutor em Fitopatologia pela University of Florida. Professor da Universidade de Passo Fundo, RS.

was to evaluate the spray solution provided by three spray nozzles with three of different spray solution volumes, to control wheat blast. The fungicide was used prothioconazole + trifloxystrobin + vegetable oil, and the nozzles and application volumes were hollow cone (JA 1-100 L ha⁻¹): double plane jet (DB 110015-150 L ha⁻¹) and double plane jet (TJ60 11002-200 L ha⁻¹). It was evaluated the severity of the disease on wheat plants grown in pots and submitted to inoculation of *Pyricularia oryzae* conidia suspensions. Besides, and the spraying spectrum using water sensitive papercards was also evaluated. The hollow cone nozzle showed a uniformity of the spray distribution producing very fine droplets, however it was not as efficient as the plane jet nozzles to control the disease. The nozzles DB 110015 and TJ60 11002 produced fine droplets and were considered equal for all parameters evaluated. Spray volumes of 150 L and 200 L ha⁻¹ provide better control of wheat blast than 100 L ha⁻¹.

KEYWORDS: *Pyricularia oryzae*. Application technology. Chemical control.

1 INTRODUÇÃO

A brusone do trigo, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* (Cavara), é uma doença limitante para a produção de trigo em vários países, principalmente no Paraguai, na Bolívia, Argentina e Brasil (MACIEL et al., 2013). A doença é sintomática em todos os órgãos aéreos da planta, mas é na espiga que há o comprometimento da produtividade, com a formação de grãos deformados, de tamanho reduzido e com baixo peso específico (GOULART et al., 2007).

Dentre as estratégias de manejo para a cultura, a alta variabilidade genética do patógeno tem dificultado os programas de melhoramento na obtenção de cultivares resistentes à doença, sendo assim, o controle químico ainda é a principal alternativa adotada por parte dos produtores (ROCHA et al., 2014). No entanto, a eficiência do controle químico depende: 1) da tecnologia de aplicação que possibilite uma melhor deposição da calda (volume de água, fungicida e adjuvante) sobre o alvo biológico (SCUDELER et al., 2004) com o mínimo de contaminação ambiental; e 2) do potencial de controle do produto químico e da sensibilidade do patógeno à tal produto.

No que compete à tecnologia de aplicação, as perdas dos produtos pulverizados nas aplicações ficam entre 30% e 50% (BUISMAN et al., 1989; PERGHER et al., 1997), podendo chegar a casos que ultrapassam os 70% do total aplicado (CHAIM, 2000). Isso, muitas vezes passa despercebido pelo produtor, uma vez que o efeito desejado no controle da doença é atingido, no

entanto poderia se obter os mesmos efeitos com menor quantidade de ingrediente ativo (FERNANDES, 1997), se houvesse uma correta aplicação com pontas de pulverização de distribuição homogênea, e espectro de gotas uniforme e de tamanho adequado (CUNHA & SILVA, 2010).

As pontas, um dos componentes dos bicos de pulverização, são as partes mais importantes do circuito hidráulico de um pulverizador, pois regulam a vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido (CHRISTOFOLETTI, 1999). A capacidade de penetração das gotas no dossel das culturas depende do tamanho e da energia contida nas mesmas, características que são dadas por cada modelo de ponta, que deve ser escolhido levando em consideração a uniformidade de distribuição da calda e a prevenção de deriva (GULER et al., 2007). Em geral, gotas finas (diâmetro de 101 a 200 μm) oferecem uma melhor cobertura, pois atingem uma maior quantidade de área num determinado alvo, e gotas grossas (acima de 300 μm) evitam a deriva (MATTHEWS, 1992). Pontas de jato cônico vazio, recomendadas frequentemente nas aplicações em culturas de maior massa foliar, produzem um ângulo de abertura de 60° a 80° e gotas pequenas, que podem favorecer o arraste pelo vento. Já, pontas de jatos planos, geram gotas relativamente maiores e podem ser uma alternativa aos inconvenientes do jato cônico vazio, mas geralmente proporcionam uma pior cobertura do alvo e menor penetração do jato pulverizado no dossel da planta (CUNHA et al., 2004). Uma derivação das pontas de jatos planos são as pontas de jatos planos duplos, que produzem dois jatos tipo leque, com ângulos de abertura variáveis e divergentes entre si, aplicando a calda sobre o alvo por trás e pela frente.

Até pouco tempo, o que se buscava nos tratamentos fitossanitários era o máximo de molhamento possível da cultura mediante o emprego de altos volumes de calda, mas pouca atenção era dada à uniformidade e ao tamanho de gotas (FERNANDEZ, 1996). Com as mudanças no setor produtivo, cada vez mais se exige do produtor rural a utilização correta e criteriosa dos recursos e tecnologias disponíveis (SARI et al., 2014), e com isso, a tendência é a redução nos volumes de calda utilizadas visando a maior competitividade agrícola e sustentabilidade ambiental (TEIXEIRA et al., 2010). Baixos volumes de calda têm efeitos diretos na eficiência operacional da aplicação, reduzem o tempo gasto nas atividades de reabastecimento e aumentam o número de hectares tratados por hora (ANTUNIASSI & BOLLER, 2011). No entanto, a redução do volume de calda requer aprimoramento da tecnologia empregada no campo, para permitir a utilização de pontas e volumes adequados (MENEGHETTI, 2006).

Diversos são os trabalhos em tecnologia de aplicação que tem como alvo as doenças foliares do trigo, no entanto há carência de estudos quanto à proteção da espiga contra a brusone, e com baixos volumes de calda. Assim,

objetivou-se neste estudo avaliar a deposição proporcionada por três pontas de pulverização com três volumes de calda, visando ao controle da brusone do trigo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nas instalações da Embrapa Trigo, em Passo Fundo-RS. No Laboratório de Fitopatologia foram feitas repicagens, meios de cultura e preparo de inoculações. Em casa-de-vegetação foram realizados o plantio e a condução da cultura e, em câmara com ambiente controlado, a inoculação. Em ambiente externo, com a influência das condições ambientais, foi realizada a aplicação do fungicida com as três pontas de pulverização.

Sementes da cultivar de trigo BRS 220 foram semeadas em 96 vasos com capacidade de 8 L e diâmetro de 22 cm, contendo solo peneirado e corrigido quimicamente. As plantas foram cultivadas de acordo com os tratamentos culturais das indicações técnicas para cultura do trigo (REUNIÃO, 2014), em casa-de-vegetação até o espigamento. Em sequência, procedeu-se com a inoculação de *P. oryzae*, aplicação de fungicida e avaliação das espigas sintomáticas e dos cartões hidrossensíveis.

Foi utilizado um isolado monospórico de trigo, identificado na coleção Embrapa Trigo como Py 12.1.183, de Dourados (MS). Conservado em papel filtro em temperatura de -20 °C, foi recuperado, repicado em meio de aveia-ágar e incubado por 15 dias em câmara para crescimento em temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 h.

A obtenção da suspensão de inóculo ocorreu pela raspagem das placas de Petri contendo as colônias do isolado, com o auxílio de um pincel, água destilada e Tween 80 (1 gota L⁻¹). A contagem dos conídios da suspensão foi realizada em câmara de Neubauer (Loptik Labor 0,0025 mm²) e microscópio ótico (Nikon Eclipse E 200) no aumento de 40x, e a concentração foi ajustada para 100.000 esporos mL⁻¹.

A inoculação foi realizada quando as plantas estavam entre os estádios de florescimento e início de enchimento de grãos (estádios 63 a 71 da escala de Zadoks et al. (1974), e foi realizada com atomizador manual, em todas as espigas de trigo, nas 24 h que antecederam a aplicação do fungicida. Após a inoculação, os baldes com as plantas foram mantidos em câmara com ambiente controlado (Menoncin[®]), no escuro por 24 h, em temperatura de 26 °C, e com nebulização hídrica de 60 s ligada e 1800 s desligada.

Os tratamentos constaram da pulverização do fungicida prothioconazol + trifloxistrobina 0,4 L ha⁻¹, juntamente com o adjuvante à base de óleo vegetal Áureo[®] (250 mL por 100 L água). Foram comparadas três diferentes pontas

de pulverização (Tabela 1) e diferentes volumes de calda, mantendo-se uma testemunha sem aplicação de fungicida.

Tabela 1. Características das pontas de pulverização e parâmetros da pulverização comparados. Passo Fundo-RS, 2017

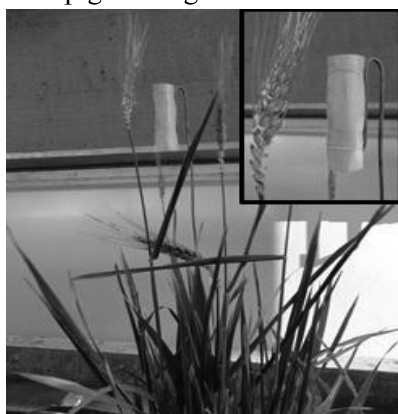
| Ponta | Forma do jato | Pressão (kPa) | Categoria da gota (ASAE)* | Volume de calda (L ha ⁻¹) | Vazão nominal (L min ⁻¹) | Ângulo de abertura |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| JA 1 (Jacto [®]) | Cônico vazio | 400 | Fina | 100 | 0,32 | 80° |
| DB 110015 (Micron [®]) | Plano duplo | 280 | Fina | 150 | 0,56 | 110° + 30° |
| TJ60 11002 (Twinjet [®]) | Plano duplo | 320 | Muito Fina | 200 | 0,79 | 110° + 30° |

* Segundo informações do fabricante, com base em ASAE - S572, ASAE (2000)
Fonte: Os autores (2017).

A pulverização da calda foi realizada fora em ambiente desprotegido, às 9 h, com um pulverizador costal pressurizado a gás carbônico (CO₂), e uma barra portando quatro pontas distantes 0,5 m entre si, conduzida a 0,5 m acima das espigas. As condições de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, registradas durante a aplicação foram 21 °C, 60%, 5,0 km h⁻¹ e NE, respectivamente. Realizada sempre pela mesma pessoa, a uma velocidade de deslocamento 4,0 km h⁻¹, a fim de que fosse a mais uniforme possível e por consequência, o volume pulverizado também.

Para cada ponta de pulverização foram utilizadas duas fileiras de 12 vasos distantes 0,20 m entre si, totalizando 24 vasos. Em seguida, as plantas retornaram à câmara de ambiente controlado, permanecendo por 15 dias em fotoperíodo de 12 h com nebulização hídrica de 60 s ligada e 1800 s desligada. Para captura do espectro de gotas, utilizaram-se cartões hidrossensíveis dispostos em rolos de linha (espigas artificiais) e num suporte de arame colocado ao longo da faixa de pulverização dentro dos vasos com as plantas, na altura das espigas (Figura 1). Os rolos de linha mediram 7,0 cm de comprimento x 2,0 cm de diâmetro e para cada rolo foram utilizados dois cartões hidrossensíveis de tamanho 76 x 26 mm (Syngenta/Micron[®]), totalizando 48 para cada tratamento. Após a passagem do pulverizador, as espigas artificiais foram retiradas do suporte e acondicionadas em papel alumínio para mantê-las fora da exposição de umidade.

Figura 1. Cartão hidrossensível posicionado de forma a simular a morfologia de uma espiga de trigo. Passo Fundo-RS, 2017.



Fonte: Os autores (2017).

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados. Para a severidade considerou-se quatro tratamentos (os três tratamentos mais a testemunha sem aplicação de fungicida), dois blocos por tratamento, e 50 espigas por bloco, totalizando 100 espigas avaliadas por tratamento. A avaliação foi realizada 15 dias após a inoculação, utilizando-se a escala diagramática para brusone do trigo elaborada por Maciel et al. (2013). Para a avaliação das características dependentes das pontas e da taxa de aplicação, utilizou-se 48 cartões hidrossensíveis para cada tratamento. As imagens impressas nos cartões foram digitalizadas (resolução de 1200 dpi) e processadas através do programa CIR1.5[®], para leitura e contagem de impactos em cartões sensíveis.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: a) diâmetro da gota, tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor ($D_{v0,1}$); b) diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido por diâmetro mediano volumétrico ($D_{v0,5}$ ou DMV), c) diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor ($D_{v0,9}$); d) a porcentagem de cobertura (COB); e) a porcentagem de recuperação (REC); f) o coeficiente de homogeneidade (CH); g) a porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 ($\sigma < 100$) e 200 μm ($\sigma < 200$); h) a densidade de gotas (DG) e i) a amplitude relativa (SPAN) dada pela equação: $\text{SPAN} = (D_{v0,9} - D_{v0,1}) / (\text{DMV})$.

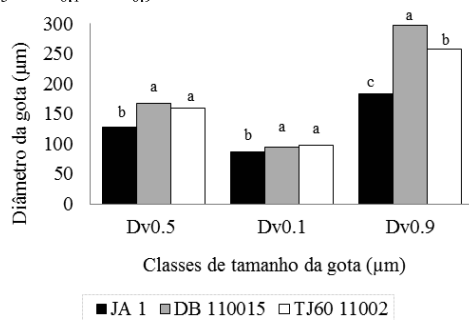
Os dados foram submetidos à análise da variância e à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 beta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da deposição do fungicida com as diferentes pontas e seus respectivos volumes de calda, mostraram diferenças significativas nas variáveis do espectro da pulverização nas espigas artificiais estudadas e no controle da brusone na espiga do trigo.

Para a distribuição volumétrica das gotas por classes de tamanho (Figura 2), pôde-se observar que a ponta de jato cônico (JA 1) com um volume de calda 100 L ha^{-1} foi a que apresentou as menores médias para $D_{v0,5}$ ($128,25 \mu\text{m}$), $D_{v0,1}$ ($85,87 \mu\text{m}$), e $D_{v0,9}$ ($182,75 \mu\text{m}$). Ambas as pontas de jato plano duplo não diferiram estatisticamente entre si para $D_{v0,5}$ e $D_{v0,1}$. No entanto, a ponta DB 110015 com um volume de aplicação de 150 L ha^{-1} , mostrou-se superior às demais com relação ao $D_{v0,9}$ ($298,17 \mu\text{m}$), sendo assim, foi a ponta que produziu gotas de maior diâmetro. A classificação do tamanho de gotas de uma ponta, é feita comparativamente por padrões já estabelecidos pela Associação Americana de Engenheiros Agrícolas (ASAE) em relação ao $D_{v0,5}$, ou também conhecido como DMV. Com o obtido, a ponta JA 1 com uma média de $128,25 \mu\text{m}$ em uma pressão de trabalho de 400 kPa , produziu gotas muito finas, e não finas, como é classificada. A ponta DB 110015 em uma pressão de trabalho de 280 kPa , produziu gotas com diâmetro de $167,84 \mu\text{m}$, classificada como gota fina, estando de acordo com ASAE. E a ponta TJ 60 11002 em uma pressão de trabalho de 320 kPa , produziu gotas de $160,01 \mu\text{m}$, pôde ser classificada como fina, e não como muito fina, como pela ASAE. A possibilidade de interferência da pressão no tamanho de gotas encontrada é possível, no entanto foram utilizadas pressões de acordo com as recomendações dos fabricantes levando em consideração o volume pulverizado.

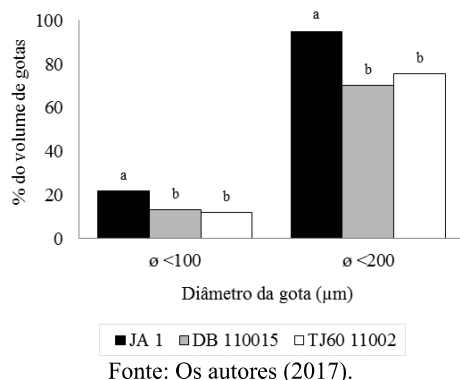
Figura 2. Distribuição volumétrica das gotas por classes de tamanho, por diferentes pontas. Passo Fundo – RS, 2017. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV (%) para $D_{v0,5}$, $D_{v0,1}$, $D_{v0,9}$, respectivamente, são: 17,34; 11,42; e 25,36.



Fonte: Os autores (2017).

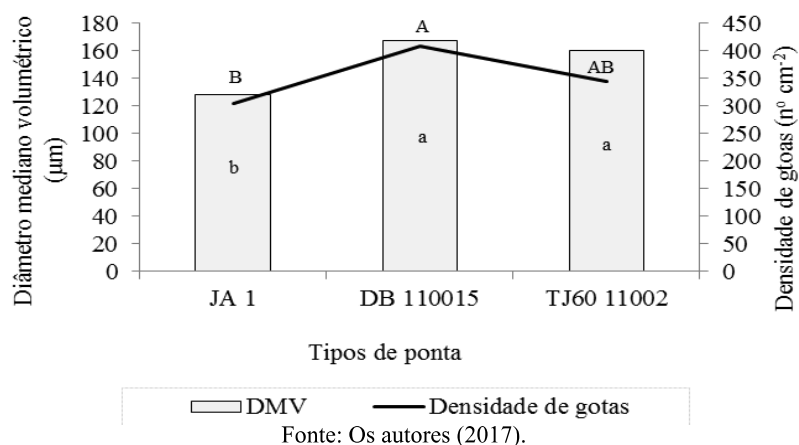
A interpretação dos valores de percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 e 200 μm permite estimar o potencial de deriva da aplicação. Quanto menor essa percentagem menor o risco de deriva do agrotóxico durante uma aplicação (CUNHA et al., 2004). Para tanto, as médias das percentagens de diâmetro de gota $< 100 \mu\text{m}$ e $< 200 \mu\text{m}$ foram, respectivamente: para a ponta JA 1, de 21,73% e 94,95%; para DB 110015, de 13,16% e 70,24%; e para TJ60 11002, de 11,92% e 75,42% (Figura 3). Novamente pôde-se perceber a diferença entre os tipos de jato pulverizados, em que o jato cônico vazio produziu uma maior percentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm , com maior potencial de sofrer ação de fatores externos como deriva e evaporação. Ambas as pontas com jatos planos duplos foram muito similares para o caráter estudado, com percentagens de diâmetro inferior a 100 μm menores que 15%, portanto, seguras para uma aplicação terrestre, conforme Cunha et al. (2003).

Figura 3. Gotas com diâmetro inferior a 100 e 200 μm pulverizada por diferentes pontas. Passo Fundo – RS, 2017. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV(%) para diâmetro < 100 e < 200 , respectivamente, são: 53,36; e 14,89.



Algumas relações existentes a partir da análise do espectro de pulverização são imprescindíveis na escolha da melhor ponta. Em geral, quanto menor o diâmetro mediano volumétrico das gotas (DMV), maior será a densidade de gotas (DG) e também maior a cobertura (COB) do alvo pulverizado (CUNHA & SILVA, 2010). No entanto, o que se observou no espectro gerado pela ponta JA 1 foi um menor DMV, menor DG e menor COB (Figura 4). Isso pode ter sido em decorrência da ponta ter gerado gotas muito finas, que dificultaram a deposição e captura no papel hidrossensível e também, sofreram deriva.

Figura 4. Diâmetro mediano volumétrico versus número de impactos cm^{-2} , por diferentes pontas de pulverização. Passo Fundo – RS, 2017. Médias seguidas de mesma letra na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV (%) para DMV e DG, respectivamente, são: 17,34; e 52,72.



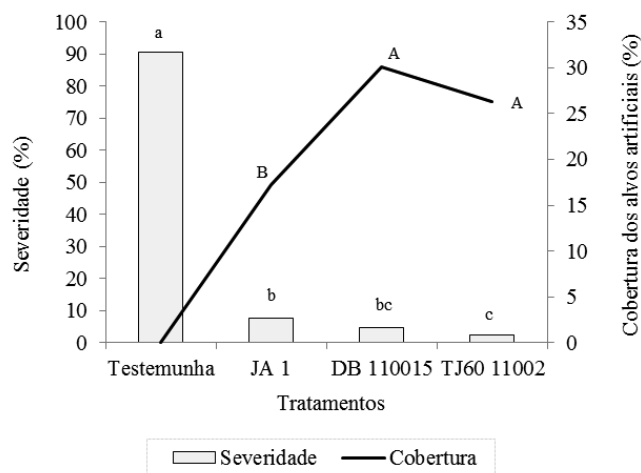
A ponta de jato plano duplo DB 110015 apresentou o maior número de gotas impactadas sobre o alvo quando comparada a ponta de jato cônico vazio JA 1, e as médias da DG para ambas as pontas foram, respectivamente: 408,1 gotas cm^{-2} e 305 gotas cm^{-2} . A ponta TJ60 11002, ficou numa posição intermediária, com DG média de 344,7 gotas cm^{-2} , não diferindo das outras pontas estudadas. Stefanelo et al. (2014), embora sem evidências de diferença estatística entre pontas hidráulicas, observou uma maior DG em pontas do tipo cone vazio em comparação à ponta do tipo leque. Quando se compara a outros trabalhos de deposição de fungicida, a maioria para doenças foliares, o que se observou foi que os valores de densidade de gota foram altos. No entanto, considerando a posição destacada do alvo (espigas artificiais) sobre o dossel de plantas, maior será o número de impactos sobre o mesmo. E quanto à relação direta da DG com a cobertura, era esperado, uma vez que um maior número de impactos oferece uma maior deposição de calda, e isso refletiu em menor severidade da doença (Figura 5).

Boller et al. (2007), inferem que a densidade de gotas é fator limitante à medida que se diminui o volume de aplicação, e menos impactante em altos volumes. A cobertura dada pelas gotas da pulverização e a severidade de uma doença estão intimamente ligadas, em especial para alvos como a espiga, onde não há translocação do fungicida, e a ação fungitóxica vai acontecer pelo contato do patógeno com o produto. A escolha certa da ponta dependerá da cobertura satisfatória em muitas situações (ROMÁN et al., 2009). Para tanto,

as pontas de jato plano DB 110015 e TJ60 11002 apresentaram uma cobertura de aproximadamente 2 vezes superior à ponta de jato cônico JA 1. As médias da porcentagem da cobertura dos alvos artificiais para essas pontas, foram de, respectivamente: 30,06%, 26,34% e 17,3% (Figura 5). Estudos inferem que devido a características como presença de gotas finas e ângulo de ataque duplo, para frente e para trás, as pontas jato plano duplo, incrementam a cobertura em 40 % (ROMÁN et al., 2009). Para Schröder (1996), as gotas finas se depositam melhor, e mais facilmente nos alvos ou superfícies de deposição verticais.

Figura 5. Perfis de cobertura pelas diferentes pontas versus a severidade da doença. Passo Fundo – RS, 2017. Médias seguidas de mesma letra na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

CV (%) para SEV e COB, respectivamente, são: 34,59; e 45,35.



Fonte: Os autores (2017).

As três pontas com seus respectivos volumes de calda pulverizados diferiram da testemunha para a severidade da brusone na espiga (Figura 5). As médias de severidade foram: para a testemunha (90,6%), para as plantas com pulverização de fungicida com a ponta JA 1 + 100 L ha⁻¹ (7,65%), com a ponta DB 110015 + 150 L ha⁻¹ (4,67%), e com a ponta TJ60 11002 + 200 L ha⁻¹ (2,33%). Para a maioria dos parâmetros estudados, as duas pontas de jato plano apresentaram similaridade de respostas, no entanto apesar de não haver diferenças estatísticas, ao observar severidade da doença, a ponta jato plano duplo utilizada com maior volume de calda (TJ60 11002 + 200 L ha⁻¹) se destacou. Com isso, foi possível observar que o aumento do volume de calda aplicado e a deposição pela frente e por trás da espiga, pode ter sido fundamental

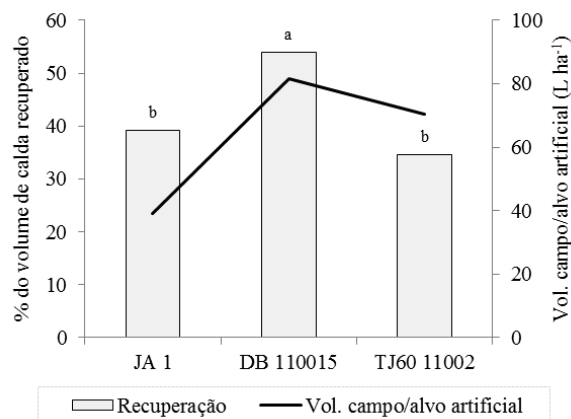
para o controle da patologia na espiga, alvo tão minucioso para se chegar com o fungicida. Conforme Meneghetti (2006), as pontas do tipo jato plano, apresentam um DMV maior, o tempo de extinção da gota é maior, e a severidade da doença é menor, quando comparado à pontas de jatos cone. Entretanto, intriga o fato da ponta TJ60 11002, ter apresentado uma menor severidade com menor porcentagem de cobertura do alvo, quando comparado a ponta DB 110015 (Figura 5). E isso pode ser justificável por dois motivos. Primeiramente pelo fato do DMV da ponta DB 110015 ter sido superior, fazendo com que a gota ficasse mais pesada e ao impactar sobre o alvo (papel hidrossensível) na vertical pode ocorrer escorrimento, e assim o programa computacional faz leituras superestimando a porcentagem da cobertura. Em segundo, pelos altos valores do coeficiente de variação da cobertura obtidos. Sari et al. (2014), Stefanelo et al. (2014), Cunha et al. (2007), relataram algumas limitações do uso de papéis hidrossensíveis para avaliação da pulverização.

Trabalhos em tecnologia de aplicação divergem sobre questões como tipos de ponta versus volume de aplicação. Santos et al. (2005), não encontraram interação significativa entre pontas de pulverização e volume de calda. Já, Viana (2006) obteve incremento da cobertura com aumento da taxa de aplicação. E, Román et al. (2009), observaram acréscimo na porcentagem de cobertura com acréscimo do volume aplicado com pontas de jato cônico. O uso de menor volume de calda aumentaria a autonomia operacional, e permitiria que a pulverização fosse realizada durante o período com as melhores condições climáticas (SARI et al., 2014), mas deve ser usado com cautela uma vez que as culturas divergem entre si, em especial no que se trata de arquitetura de planta e alvo pretendido. Ainda, aumentar o volume de calda para pontas que produzam gotas muito finas, como as de jato cônico, maior será a suscetibilidade aos efeitos de deriva, e riscos ao ambiente e ao aplicador.

Quanto ao volume de calda recuperado pelos alvos artificiais (Figura 6), pôde-se ter uma perspectiva do quão difícil é atingir um alvo na vertical e que está sobressalente à cultura, pois o máximo recuperado foi de 54,04% e com a ponta DB 110015. A ponta TJ60 11002 apresentou uma recuperação de calda de 34,56%, e a ponta JA1, de 39,2%. Ambas não difeririam estatisticamente entre si.

A qualidade da pulverização e o desempenho das pontas podem ser quantificados pela amplitude de distribuição volumétrica (SPAN) e pelo coeficiente de homogeneidade (CH). A SPAN fornece a dispersão dos dados em torno do valor do DMV (CHRISTOFOLLETI, 1999). Sendo assim, quanto mais próximo de zero for a SPAN, menos dispersos foram os dados e mais uniforme foi a amplitude de tamanho das gotas pulverizadas. Já para o CH, por ser a razão entre diâmetro mediano volumétrico e diâmetro mediano numérico, quanto mais próximo de 1, mais homogêneo é o desempenho da ponta.

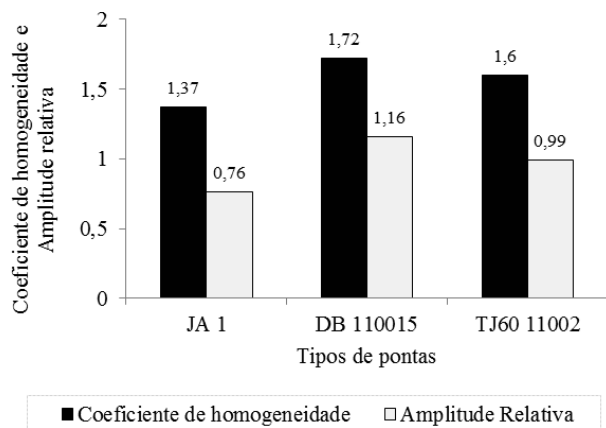
Figura 6. Recuperação da calda pulverizada por três pontas de pulverização. Passo Fundo – RS, 2017. Médias seguidas de mesma letra na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV (%) para REC: 53,82.



Fonte: Os autores (2017).

Contudo, a ponta de jato cônico foi a que apresentou os menores valores para os parâmetros acima citados (Figura 7), sugerindo o melhor desempenho dentre as pontas estudadas. Isso significa que todo potencial de trabalho da ponta foi explorado, no entanto não foi o suficiente quando comparamos às pontas de jato plano para outras características, como mostrou a deposição nos cartões hidrossensíveis (Figura 8).

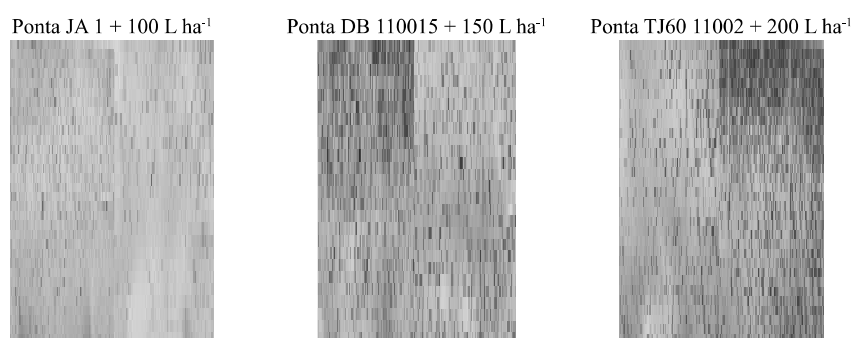
Figura 7. Homogeneidade e uniformidade do espectro de gotas pulverizadas por diferentes pontas. Passo Fundo – RS, 2017.



Fonte: Os autores (2017).

Ainda, pode-se dizer que, a uniformidade de distribuição da calda é dada por: condições de montagem da barra, espaçamento entre os bicos, altura da barra, pressão de trabalho, dentre outros (CUNHA & SILVA, 2010), o que justificaria uma menor uniformidade das pontas jato plano seria então, um ajuste dessas condições operacionais. Para pontas de jato plano as pressões ótimas seriam próximas a 300 kPa e a altura da barra de 0,5 m, no entanto não se pode generalizar uma condição ideal para todas as pontas (RODRIGUES et al., 2004). De maneira geral no Brasil, se utiliza o espaçamento entre os bicos de 0,5 m, mas a altura da barra é variável e deve ser estudada, de forma a combinar essas duas variáveis a fim de se obter a melhor uniformidade de distribuição (CUNHA & RUAS, 2006).

Figura 8. Deposição do fungicida obtida em cartões hidrossensíveis posicionados verticalmente no dossel da cultura do trigo, por diferentes pontas de pulverização e diferentes volumes de aplicação. Passo Fundo – RS, 2017.



Fonte: Os autores (2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ponta de jato tipo cone vazio, JA1, apesar de apresentar uniformidade de distribuição da calda, produz tamanhos de gota muito finas, facilmente sujeitas à deriva e à evaporação.

As pontas de jatos planos, que produzem uma pulverização de categoria de gotas finas, apresentam amplo potencial para o controle da brusone em trigo, no entanto necessitam de ajustes quanto a distância das pontas na barra e altura de aplicação.

Reduzir o volume de calda aplicada visando proteger a espiga do trigo compromete negativamente o controle da doença e pode se tornar um agente seletivo para a resistência de fitopatógenos.

REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2011. p. 221-229.

BOLLER, W. B; FORCELINI, C. A; HOFFMANN, L. L. **Tecnologia de aplicação de fungicidas-parte I**. Revisão Anual de Patologia de Plantas (RAPP), Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.

BUISMAN, P.; SUNDARAM, K. M. S.; SUNDARAM, A.; TRAMMEL, K. **Field deposit patterns of a diflubenzuron spray mix, after application to apple orchard using an airblast, and a laboratory evaluation of physical properties and atomization characteristics**. Journal of Environmental Science and Health, New York, v. 24, n. 4, p. 389-411, 1989.

CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. **Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão**. Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 10, s/ n., p.13-22, 2000.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South America, 1999. 15p.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R; FERREIRA, L. R. **Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas**. Planta Daninha, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. **Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica de difração do raio laser**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 10-15, 2007.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. **Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-985, 2004.

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, Goiás, v. 36, n. 1, p. 61-66. 2006.

CUNHA, J. P. A.; SILVA, R. A. M. **Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 52-58, 2010.

FERNANDES, H.C. **Aplicação de defensivos agrícolas: teoria da gota.** Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, Caderno Didático 24, 1997. 14p.

FERNANDEZ, J. M. C. **Maquinaria para tratamentos fitossanitários.** Madrid: Mundi-Prensa Libros Editora, 1996. 160 p.

GOULART, A.C. P; SOUSA, P. G; URASHIMA, A. S. **Danos em trigo causados pela infecção de *Pyricularia grisea*.** Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 358-363, 2007.

GULER, H.; ZHU, H. E.; KERKSEN, R. C.; YU, Y.; KRAUSE, C. R. **Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional fan-fan nozzles.** Transaction of the ASAE (American Society of Agricultural Engineering), St. Joseph, v. 50, n. 3, p.745-754, 2007.

MACIEL, J. L. N; DANELLI, A. L. D; BOARETTO, C; FORCELINI, C. A. **Diagrammatic scale for the assessment of blast on wheat spikes.** Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 39, n. 3, p. 162-166, 2013.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods.** 3 ed. London: Blackwell Science, 1992. 448p.

MENEGHETTI, R. C. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura do trigo.** 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. **Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard.** Crop protection, Oxford, v. 16, n. 1, p. 25-33, 1997.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para trigo e triticales – safra 2014.** In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. 7., 2014. Passo Fundo, Anais... Londrina: Fundação Meridional, 2014. p. 235.

ROCHA, J. R. A. S. C.; PIMENTEL, A.J.B; RIBEIRO. G; SOUZA, M.A. **Eficiência de fungicidas no controle da brusone em trigo.** Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 40, n. 4, p. 347-352, 2014.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; PEREIRA, L. R. **Análise da distribuição volumétrica de bicos de pulverização tipo leque de distribuição uniforme.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 7-16, 2004.

ROMÁN, R., A., A.; CORTEZ, J. W.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, J. R. G. **Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação.** Scientia Agraria, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 223-232, 2009.

SANTOS, R. O. **Deposição de calda fungicida aplicada na cultura da soja, em função de ponta de pulverização e volume de calda.** In: JORNADA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 1., 2005, Anápolis. Anais... Anápolis: Universidade Estadual Goiás, 2005. p. 1-6.

SARI, B. G.; STEFANELO, M. S.; LENZ, S.; COSTA, I. F. D.; ARRUÉ, A.; AUGUSTI, G. R.; PES, M. P. **Controle de doenças foliares em trigo com equipamentos de pulverização de baixo volume de aplicação.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 1966-1972, 2014.

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de deriva e deposição de pulverizações agrogrícolas na região sul do Rio Grande do Sul.** 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1996.

SCUDELER, F; BAUER, F.F; RAETANO, C.G. **Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição de pulverização em soja.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. Anais... Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2004. p. 13-16.

STEFANELO, M. S.; SARI, B. G.; LENZ, G.; ARRUÉ, A.; PES, M. P.; COSTA, I. F. D. **Caracterização da pulverização de fungicida na cultura do trigo com pontas hidráulicas e atomizadores rotativos de disco.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 1012-1018, 2014.

TEIXEIRA, E.S.; OSIPE, J. P.; GANDOLFO, U. D.; OLIVEIRA, J. F.; GANDOLFO, M. A.; OSIPE, R. **Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 1, p. 1229-1234, 2010.

VIANA, R. G. **Avaliação de pontas de pulverização sob diferentes condições operacionais.** 2006. 42 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. **A decimal code for the growth stages of cereals.** Weed Research, Kansas, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.