

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

BIATRIZ ROSA BARBOSA

**PULVERIZAÇÃO COM ASSISTÊNCIA A AR EM CONDIÇÕES DESFAVORÁVEIS
DE VENTO AMBIENTE**

**ALEGRETE
2023**

BIATRIZ ROSA BARBOSA

**PULVERIZAÇÃO COM ASSISTÊNCIA A AR EM CONDIÇÕES DESFAVORÁVEIS
DE VENTO AMBIENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Agrícola.

Orientador: Vilnei de Oliveira Dias

**ALEGRETE
2023**

BIATRIZ ROSA BARBOSA

**PULVERIZAÇÃO COM ASSISTÊNCIA A AR EM CONDIÇÕES DESFAVORÁVEIS DE VENTO
AMBIENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Agrícola.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13 de dezembro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias

Orientador

(UNIPAMPA)

Eng^a. Agrícola Sueli Elisa Kullmann

Eng^a. Agrícola Luciele Bilhalva Campagnolo



Assinado eletronicamente por **VILNEI DE OLIVEIRA DIAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/12/2023, às 14:18, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUCIELE BILHALVA CAMPAGNOLO, Usuário Externo**, em 14/12/2023, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **SUELI ELISA KULLMANN, Usuário Externo**, em 14/12/2023, às 16:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1328797** e o código CRC **FDE3D6C9**.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por seu amor incondicional, e encorajamento constante ao longo dos anos de estudo.

À Unipampa, pela disponibilidade de recursos, laboratórios e infraestrutura que foram fundamentais para a pesquisa deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias, pela orientação acadêmica, e valiosas sugestões que moldaram este trabalho.

A todos os participantes da pesquisa, cuja contribuição foi essencial para a coleta de dados e a realização deste estudo.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para este projeto, direta ou indiretamente. Este trabalho é o resultado do esforço coletivo de muitos, e sou profundamente grata por todo o apoio que recebi ao longo desta jornada acadêmica.

RESUMO

O perfil de distribuição volumétrica é um fator decisivo na seleção da ponta de pulverização para uma aplicação eficiente de produtos fitossanitários, com mínima contaminação ambiental e custos ao produtor. O presente trabalho teve como objetivo analisar a distribuição volumétrica de uma ponta de pulverização hidráulica de jato leque de impacto 11002, submetida a assistência a ar na presença de vento ambiente, sob diferentes pressões de trabalho, em ambiente controlado. Utilizando um trator-pulverizador com assistência a ar na barra, a distribuição volumétrica foi determinada via mesa de checagem, utilizando a combinação de duas velocidades de vento ambiente (0 e 3,33 m s⁻¹), três pressões de trabalho (137,9; 379,2; 620,5 kPa) e três velocidades de vento assistente (0; 3,75; e 7,25 ± 0,5 m s⁻¹). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, no esquema trifatorial com três repetições, em um total de 54 unidades experimentais. A partir do padrão individual de distribuição da ponta, simulou-se a sobreposição e calculou-se o coeficiente de variação (CV%). A uniformidade da distribuição volumétrica foi estimada pelo CV resultante da simulação. Posteriormente, os dados foram analisados e interpretados no software sisvar, utilizando ANOVA. Em casos de diferença significativa entre as médias dos tratamentos, aplicou-se o teste de Tukey. A assistência de ar na barra mostrou potencial para melhorar a aplicação da ponta de pulverização em pressões de 379,2 e 620,5 kPa, mesmo na presença de vento ambiente não recomendado para pulverização, mantendo o coeficiente de variação abaixo dos 10% recomendados pela NBR ISO 16122-2.

Palavras-Chave: Tecnologia de aplicação; vortex; deriva.

ABSTRACT

The volumetric distribution profile is a decisive factor in selecting a spray nozzle for efficient application of plant protection products with minimal environmental contamination and costs to the producer. This study aimed to analyze the volumetric distribution of a hydraulic flat fan spray nozzle 11002, subjected to air assistance in the presence of ambient wind, under different working pressures, in a controlled environment. Using a tractor sprayer with air assistance in the boom, the volumetric distribution was determined using a patternator, combining two ambient wind speeds (0 and 3.33 m s^{-1}), three working pressures (137.9, 379.2, 620.5 kPa), and three assistant wind speeds (0, 3.75, and $7.25 \pm 0.5 \text{ m s}^{-1}$). The experimental design was completely randomized, in a three-factor scheme with three replications, totaling 54 experimental units. From the individual spray nozzle distribution pattern, the overlap was simulated, and the coefficient of variation (CV%) was calculated. The uniformity of the volumetric distribution was estimated by the resulting CV from the simulation. Subsequently, the data were analyzed and interpreted using the sisvar software, applying ANOVA. In cases of significant differences between the means of the treatments, the Tukey test was applied. Air assistance in the boom showed potential to improve spray nozzle application at pressures of 379.2 and 620.5 kPa, even in the presence of ambient wind not recommended for spraying, while maintaining the coefficient of variation below the 10% recommended by NBR ISO 16122-2.

Keywords: Application technology; vortex; drift.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais formas de deriva durante aplicação de produtos fitossanitários	13
Figura 2 – Cobertura por diferentes tamanhos de gotas.....	16
Figura 3 – Comparação entre uma ponta nova e uma ponta desgastada	17
Figura 4 – Esquema de funcionamento da ponta de impacto	18
Figura 5 – Pulverizador com sistema de assistência a ar	19
Figura 6 – Conjunto trator-pulverizador que foi utilizado na condução do experimento	22
Figura 7 – Ponta de pulverização estudada	23
Figura 8 – Mesa de checagem para análise da distribuição, posicionada abaixo da barra do pulverizador	25
Figura 9 – Determinação da altura do líquido de cada canaleta no Inkscape.....	25
Figura 10 – Perfis de distribuição volumétrica na pressão de 137,9 kPa: (a) na ausência de vento ambiente, (b) vento ambiente acima do recomendado para pulverização.....	32
Figura 11 – Perfis de sobreposição, com espaçamento de 0,50 sob pressão de 137,9 kPa	33
Figura 12 – Perfis de distribuição volumétrica na pressão de 379,2 kPa: (a) na ausência de vento ambiente, (b) vento ambiente acima do recomendado para pulverização.....	34
Figura 13 – Perfis de sobreposição, com espaçamento de 0,50 sob pressão de 379,2 KPA	35
Figura 14 – Perfis de distribuição volumétrica na pressão de 620,5 kPa: (a) na ausência de vento ambiente, (b) vento ambiente acima do recomendado para pulverização.....	36
Figura 15 – Perfis de sobreposição, com espaçamento de 0,50 sob pressão de 620,5 kPa	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do tamanho das gotas com base na norma ASAE S-572.14	
Tabela 2 – Especificações Técnicas do pulverizador utilizado	21
Tabela 3 – Especificações da ponta de pulverização utilizada no experimento	23
Tabela 4 – Combinação dos fatores pressão de trabalho, vento ambiente e vento assistente para obtenção dos tratamentos do experimento	24
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para a variável coeficiente de variação (CV%)	27
Tabela 6 – CV% da distribuição volumétrica obtido pela interação entre pressão e vento ambiente	28
Tabela 7 – CV% da distribuição volumétrica obtido com o vento assistente desligado (0 m s^{-1})	29
Tabela 8 – CV% da distribuição volumétrica obtido com o vento assistente intermediário ($3,75 \text{ m s}^{-1}$)	30
Tabela 9 – CV% da distribuição volumétrica obtido com o vento assistente máximo ($7,25 \text{ m s}^{-1}$)	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1.1	Tecnologia de aplicação de defensivos	12
2.1.2	Tamanho das gotas	13
2.1.3	Uniformidade de aplicação e cobertura do alvo	15
2.2	Pontas de pulverização	17
2.3	Assistência a ar na aplicação	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1	Local	21
3.2	Equipamentos	21
3.3	Coleta e análise dos dados	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	Análise de variância e teste Tukey	27
4.2	Avaliação do perfil de distribuição volumétrica e uniformidade em diferentes condições operacionais	31
5	CONCLUSÕES	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é líder global de consumo de defensivos agrícolas e, em 2021, o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Defesa Vegetal (SINDIVEG, 2022), estimou que os defensivos agrícolas efetivamente aplicados movimentaram cerca de US\$14,2 bilhões. Conforme a Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF, 2010), até 70% do produto pulverizado no campo é perdido por deriva por efeito do vento, escoamento e evaporação do diluente e do produto. Logo, estima-se uma perda elevada, sendo necessário o controle da deriva, pois representa uma fonte considerável de prejuízos, além de ser responsável pela contaminação do aplicador, do ambiente e das falhas na aplicação. Como consequência do problema exposto, busca-se minimizar as perdas por meio de uma melhor qualidade de aplicação e distribuição da pulverização, a fim de reduzir despesas e a poluição ambiental.

Segundo Bonadio *et al.* (2015), a maior eficiência de aplicação está relacionada ao uso correto da tecnologia de aplicação em conformidade com as condições climáticas. A velocidade do vento no momento da aplicação afeta a deposição de gotas no alvo, ventos intensos aumentam a deriva, sobretudo quando são utilizadas gotas finas ou muito finas. A ausência total de ventos também não é favorável à aplicação. A maior qualidade no controle de aplicação causa a diminuição dos danos ambientais, contribui na minimização da dosagem dos produtos fitossanitários. Portanto, a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, como a assistência a ar na barra de pulverização, torna-se essencial pois visa melhorar a qualidade da aplicação.

Conforme pesquisas realizadas por Bauer e Raetano (2000), Raetano (2002), e Bonadio *et al.* (2015), a assistência de ar em barra de pulverização é eficiente na redução da deriva, por efeito da deflexão do ar na superfície do solo diminui a influência do vento ambiente no deslocamento da trajetória da gota, ademais ocasiona maior movimentação das folhas, logo, proporcionando aumento do depósito nas folhas situadas na parte inferior da planta, favorecendo a captura das gotas e a penetração nos folíolos. Além disso, a assistência de ar reduz a dependência do vento ambiente, aumenta a eficiência operacional, pois gera menores volumes de calda e reabastecimentos, permite velocidades de deslocamento mais rápidas e expansão dos horários de pulverização. Corroborando

estes trabalhos, Kullmann e Dias (2020), concluíram que os ventos ambiente e assistente influenciam a uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização. Neste sentido, é importante aprofundar o conhecimento sobre o perfil de distribuição de diferentes pontas quando submetidas a condições contrastantes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes velocidades de vento ambiente e da assistência a ar na barra de pulverização, sob a uniformidade do perfil de distribuição volumétrica de uma ponta de pulverização de jato plano leque de impacto.

1.1.2 Objetivos específicos

- I. Analisar o perfil de distribuição individual e combinado da ponta de pulverização estudada em diferentes pressões de trabalho;
- II. Verificar se há e, quando houver, quantificar o efeito do vento ambiente na distribuição volumétrica da ponta estudada;
- III. Verificar se há efeito do vento assistente na distribuição volumétrica da ponta de pulverização estudada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 Tecnologia de aplicação de defensivos

Entende-se por tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta aplicação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990). Para Costa e Polanczyk (2019) e Di Oliveira *et al.* (2008), a tecnologia de aplicação baseia-se no uso responsável de defensivos junto da maior eficiência técnica, mantendo o processo sustentável. Quando não são adotadas medidas de controle, aumenta-se o potencial de risco de deriva e, assim, a deposição dos produtos fitossanitários fica propensa a maiores perdas e contaminações durante a aplicação.

Segundo Santos (2005), a tecnologia de aplicação se fundamenta em dois princípios: pulverização e aplicação. De acordo com o autor, pulverização é o processo físico-mecânico de transformar a calda em gotas e a aplicação conceitua-se como o ato de depositar as gotas no alvo planejado, sendo estes processos complementares.

A aplicação dos produtos fitossanitários pode ser classificada com base no estado físico da formulação a ser aplicada. Assim, as vias de aplicação podem ser agrupadas em via sólida, via líquida e via gasosa (FERREIRA, 2016). Ainda de acordo com o autor acima e Matuo (1990), a aplicação via líquida é a mais utilizada e o diluente (material inerte ao qual é misturado o princípio ativo de uma formulação para a aplicação) mais empregado é a água, por ser de fácil obtenção e baixo custo (não considerando o transporte). No entanto, segundo Contiero *et al.* (2018), este veículo apresenta limitações como tensão superficial, a qual pode fazer com que a gota permaneça na forma esférica, abrangendo pouca superfície de contato. Outro grande limitante do uso da água como diluente é a evaporação, principalmente quando gotas menores são produzidas. Nesta condição, ocorre aumento da área de contato, potencializa-se a volatilização do líquido, o que favorece a evaporação durante o trajeto entre a ponta e o alvo.

Na aplicação desses produtos, a ANDEF (2010) recomenda uma faixa de velocidade do vento entre 3 a 10 km h⁻¹. Para essa finalidade, utiliza-se comumente

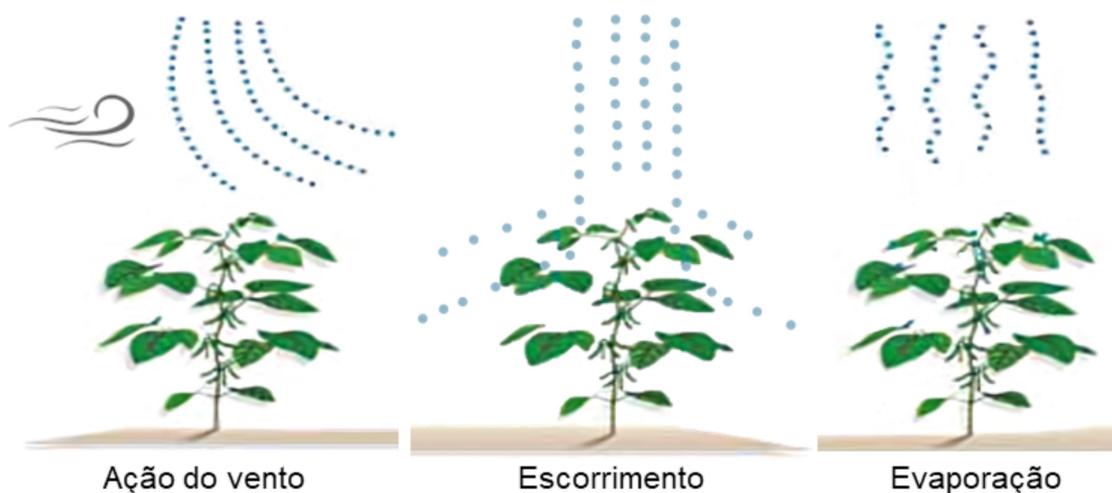
pulverizadores hidráulicos, equipados com barras contendo pontas hidráulicas distribuídas ao longo do comprimento (SHICHOCKI, 2013). Existe uma tendência de diminuição do volume das pulverizações, objetivando o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores, a qual é expressa em área tratada por unidade de tempo (CONTIERO *et al.*, 2018).

2.1.2 Tamanho das gotas

A deriva nas aplicações de agrotóxicos é considerada um dos maiores problemas da agricultura. Entre os fatores que a influenciam, o tamanho das gotas pulverizadas tem-se mostrado primordial (CUNHA, 2008).

Para Faggion (2004), o tamanho das gotas influencia na qualidade de aplicação. De acordo com o autor, as gotas menores oferecem uma melhor cobertura (mais gotas por área foliar) e maior penetração. Entretanto, são mais suscetíveis aos processos de deriva, pois quanto menor o tamanho de gota maior é a predisposição a evaporação e, da mesma forma, maior o deslocamento para fora do alvo devido à ação do vento (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Se as gotas são pequenas, consegue-se maior cobertura superficial e melhor uniformidade de distribuição da calda, mas elas podem evaporar, em baixa umidade relativa, ou serem levadas pela corrente de ar. Se a aplicação for através de gotas grandes, estas podem coalescer e escorrer da superfície da folha, antes mesmo de o produto ser absorvido pelo alvo (BAESSO *et al.*, 2014). A Figura 1, apresenta as principais formas de deriva, fornecendo uma visualização desses processos.

Figura 1 – Principais formas de deriva durante aplicação de produtos fitossanitários



Fonte: Adaptado de MONTEIRO (2007)

Por outro lado, gotas muito grossas são menos afetadas pelo efeito das condições psicrométricas do ar como evaporação e deriva, porém estão mais sujeitas às perdas por escorrimento. (SASAKI *et al*, 2016). Essas gotas garantem um bom nível de deposição (quantidade ou volume depositado no alvo), embora não propiciem a melhor cobertura (ANTUNIASSI, 2004).

A pressão do sistema de pulverização influencia o tamanho da gota de forma que à medida que a pressão aumenta, o tamanho da gota diminui. Dependendo do tamanho e tipo de ponta, a pressão de operação pode ter um efeito significativo no ângulo de pulverização e na qualidade da distribuição da pulverização (TEEJET TECHNOLOGIES, 2014). À medida que se aumenta a pressão do líquido e a altura da barra porta-bicos, alonga-se o perfil do jato, com menor concentração de líquido na parte central (CUNHA; RUAS, 2006). O incremento da pressão de trabalho promove aumento da depressão da zona central do perfil de gotas não importa o tempo de uso da ponta de pulverização (VITORIA, 2014). Gupta *et al.* (2012b), realizaram experimentos para quantificar a deriva e determinar o efeito da pressão da ponta sobre este parâmetro. Os autores concluíram que o potencial de deriva agrava com o aumento da pressão da ponta, as pressões maiores fragmentam o líquido em gotas menores, tornando-as mais suscetíveis à deriva.

Ramos (2005) esclarece que as pontas de pulverização hidráulicas, comumente presentes na maioria dos pulverizadores, não geram um único tamanho de gota, mas sim um espectro de gotas com diferentes diâmetros. O Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) é utilizado para classificar esse espectro em categorias, que variam de muito fina a muito grossa, dependendo do ponto que divide o volume pulverizado em duas partes iguais (50% do volume têm gotas menores e 50% do volume pulverizado têm gotas maiores do que o DMV). A Tabela 1 apresenta essas categorias conforme o espectro de gotas.

Tabela 1 – Classificação do tamanho das gotas com base na norma ASAE S-572

Categoria	Símbolo	Cor	DMV (μm)
Muita fina	VF	Vermelha	< 100
Fina	F	Laranja	100 - 175
Média	M	Amarela	175 - 250
Grossa	C	Azul	250 - 375
Muito grossa	VC	Verde	375 - 450
Extremamente grossa	XC	Branca	>450

Fonte: Adaptada de ASAE (1999).

No momento da aplicação, as gotas separam-se no ar devido a diferença de diâmetro, sendo que as maiores caem próximas ao local onde foram geradas e as menores longe deste ponto devido ao efeito de deriva (VELLOSO *et al.*, 1984). Durante as aplicações, o ideal é que o espectro de gotas seja homogêneo, isto é, que se produzam gotas de mesmo tamanho (CUNHA, 2010).

2.1.3 Uniformidade de aplicação e cobertura do alvo

Uma boa cobertura consiste em atingir o alvo biológico com uma boa uniformidade de distribuição, evitando sobreposições e faixas sem aplicação (AZEVEDO; FREIRE, 2006). Para se obter adequada cobertura da área pelo produto é necessário conhecer as características de deposição proporcionadas pelo equipamento, produto e forma de aplicação (FERREIRA *et al.*, 2009). Uma das formas de quantificar a uniformidade de distribuição da pulverização é por meio da análise de deposição do produto na área, expressa pelo coeficiente de variação (CV%). Quanto maior o coeficiente de variação, maior a variação da distribuição e menor será a uniformidade da aplicação (SASAKI *et al.*, 2011).

Para Bauer e Raetano (2004), com base no padrão de distribuição das pontas individuais, é possível simular a sobreposição de várias pontas, assim como é observado na barra de pulverização. Diante disso, pode-se calcular o coeficiente de variação da sobreposição resultante. Presume-se que uma distribuição uniforme caracterizada com baixos valores de CV% da distribuição volumétrica superficial das pontas sobrepostas, constitui uma cobertura homogênea. Porém, a sobreposição resulta do perfil de distribuição individual de cada ponta. Dessa forma, é necessário que esse perfil proporcione uma cobertura uniforme quando houver sobreposição (Cunha, 2008).

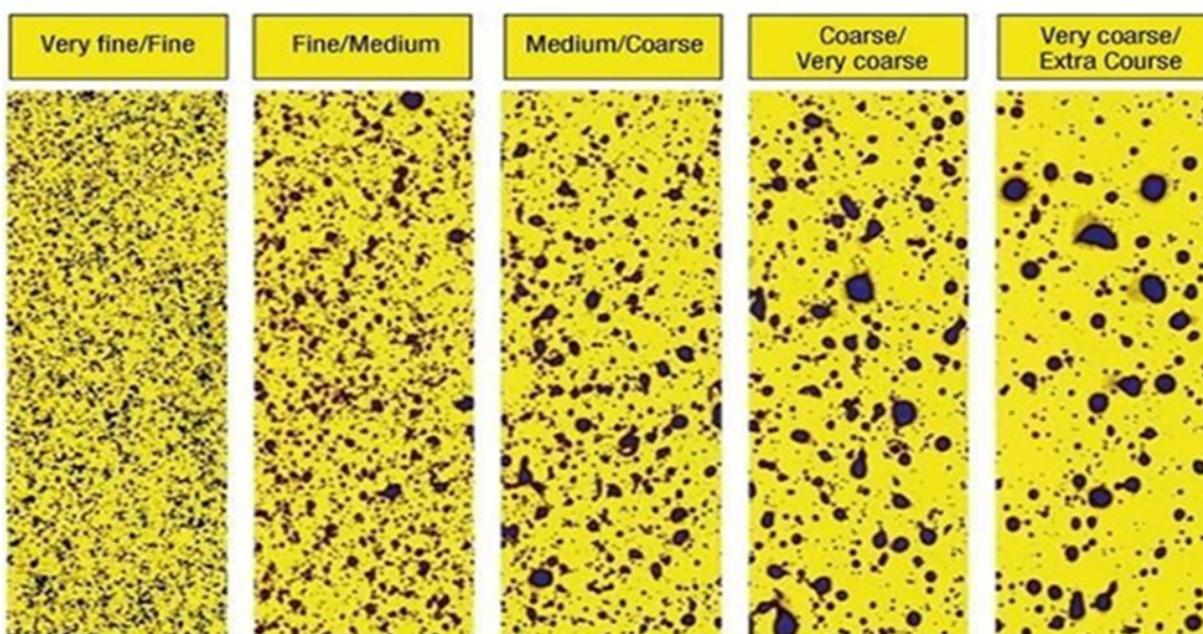
Conforme Nascimento *et al.* (2013) e Spraying (2020), uma maneira de avaliar a cobertura e os espectros de gotas de pulverização é por meio de alvos artificiais como os papéis hidrossensíveis, por serem sensíveis à água, a área afetada pela calda de pulverização fica azul facilitando a análise da uniformidade e distribuição do padrão de gotas.

A determinação da porcentagem de cobertura e/ou número de gotas que atingem os papéis por área pode ser feita manualmente, contando-se visualmente as gotas contidas em espaço determinado, por exemplo, 1,0 cm² ou através de

softwares específicos para análise da imagem dos impactos ou manchas no papel, podendo se calcular deste modo também o tamanho das gotas, ou seja, o diâmetro mediano volumétrico (DURÃO, 2016).

A Figura 2 apresenta a cobertura por diferentes tamanhos de gotas, observa-se que as categorias mais finas possuem maior densidade e uniformidade, enquanto que as mais grossas apresentam má cobertura e desuniformidade.

Figura 2 – Cobertura por diferentes tamanhos de gotas



Fonte: Suporte Agrícola – Spraying (2020)

A probabilidade de sucesso na operação é elevada quando se alcança uma distribuição uniforme de gotas com determinado diâmetro e número, mesmo ao utilizar a aplicação em volume baixo (FERREIRA, 2003). Com o volume aplicado reduzido, o tamanho das gotas deve ser reduzido para obter uma densidade de gotas suficiente para manter a cobertura da pulverização e manter o controle da praga (ISHFAQUE *et al.*, 2005).

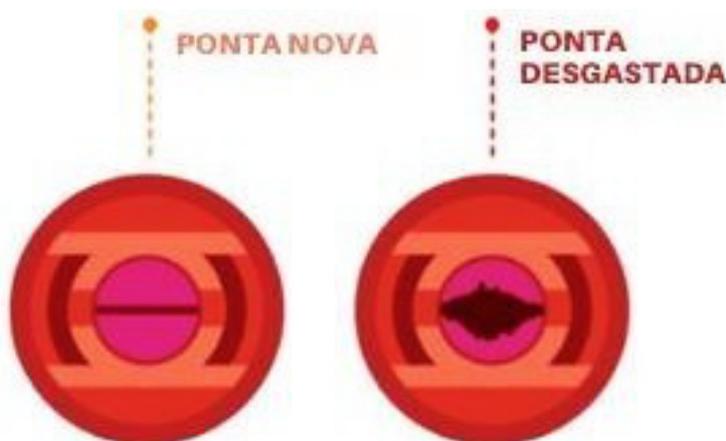
Em geral, recomenda-se pulverizar volumes muito baixos ou ultrabaixos com métodos que controlem a evaporação da água (ANTUNIASSI, 2004). A uniformidade da distribuição da pulverização ao longo da barra ou dentro da faixa de pulverização é um componente essencial para obter efetividade química máxima com custo mínimo e mínima contaminação fora do alvo (TASSINARI, 2012).

2.2 Pontas de pulverização

O sucesso na aplicação de defensivos agrícolas ocorre quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição transversal uniforme, espectro de gotas semelhantes e de tamanho adequado (ALVES, 2016). De acordo com Barreto (2011), para garantir uma boa cobertura e deposição do ingrediente sobre o alvo, é essencial a correta seleção de pontas de pulverização. Segundo HYDRO (2005), a ponta de pulverização é uma parte de alta precisão e precisa receber manutenções regularmente para garantir que funcione de forma correta, provavelmente é a menor parte e mais negligenciada de um pulverizador. Contudo, é a parte principal responsável pela acurácia e eficiência nas aplicações. As principais funções das pontas são: determinar a vazão, o espectro de gotas e definir a forma do jato emitido (ANTUNIASSI, 2019). De acordo com Cunha *et al.* (2007), em pontas convencionais que funcionam sob pressão hidráulica, a formação de gotas é muito irregular prejudicando a cobertura do alvo, para uma aplicação eficiente recomenda-se que não sejam produzidas gotas muito grossas e nem muito finas.

A uniformidade de distribuição volumétrica das gotas é uma forma de avaliar o desgaste das pontas e a qualidade da distribuição transversal, que pode ser determinada pelo coeficiente de variação. Conforme a NBR ISO 16122-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018), o coeficiente de variação (CV) não deve ultrapassar 10%. O desgaste das pontas altera a uniformidade de distribuição e o volume de vazão. Na Figura 3 observa-se a diferença entre uma ponta nova e outra usada.

Figura 3 – Comparação entre uma ponta nova e uma ponta desgastada



Fonte: Jacto (2017) Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/bicos-desgastados-trazem-prejuizos/>

Marangoni Junior e Ferreira (2019), ao avaliar quanto os modelos de pontas e as pressões de trabalho influenciam na qualidade da distribuição de caldas, constataram que no modelo TT 11002 as variações de pressão de trabalho não interferiram na distribuição (largura de faixa tratada e irregularidades). No entanto, apresentou a faixa de aplicação mais larga, e em média, os CV's foram iguais ou inferiores a 15% em todos os níveis de pressão.

De acordo com resultados obtidos por Cunha e Peres (2010), ao avaliar a deposição de fungicida no dossel da cultura, com diferentes pontas de pulverização, a deposição foi maior nas pontas de jato plano defletor e jato plano duplo, obtendo uma maior eficiência no controle da ferrugem, que logo refletiu em uma maior produtividade de soja. Ao avaliar o espectro de gotas em função de adjuvantes, pressões e modelos de pontas de pulverização, a ponta jato plano defletor obteve as melhores características, sobretudo quanto à uniformidade de espectro, em toda a faixa de pressão avaliada (Barreto, 2011).

As pontas de jato plano defletor apresentam superfície de impacto que produz um jato plano de ângulo ligeiramente superior ao produzido por uma ponta de jato plano padrão (CUNHA; PERES, 2010). Nestas pontas o líquido é expelido através de um orifício, formando um jato maciço, que ao chocar-se com uma superfície inclinada irá formar um leque (VELLOSO, 1984). Na Figura 4 está exemplificado o funcionamento da ponta.

Figura 4 – Esquema de funcionamento da ponta de impacto



Fonte: ANDEF (2010)

2.3 Assistência a ar na aplicação

O sistema de assistência a ar na barra de pulverização tem a finalidade de melhorar a penetração das gotas em culturas de maior densidade foliar e minimizar o efeito do vento, permitindo trabalhos com ventos superiores à velocidade

adequada, diminuindo, assim, a deriva e a evaporação (SENAR, 2018). A assistência a ar auxilia na trajetória da gota até o alvo desejado, formando uma barreira de proteção para as gotas, além de propiciar uma corrente de ar descendente que tem por objetivo aumentar a velocidade das gotas até alcançarem o interior do dossel, com o propósito de intensificar o depósito de defensivos na parte inferior da planta (baixeiro), e reduzir a deriva.

De acordo com a ANDEF (2010), os pulverizadores de barra assistida por ar são equipados com um ventilador axial que fornece ar a um cone ou saco de ar montado ao longo da barra acima dos bicos. Uma série de aberturas direciona o fluxo de ar para a cultura, o fluxo de ar empurra as gotículas em direção a cultura com maior energia e promove a agitação foliar no interior do dossel da planta. No entanto, é necessário atentar para o fato de quando utilizada a assistência a ar em solos com culturas em desenvolvimento inicial, o ar é refletido no solo, aumentando a deriva. Entretanto, em situações de elevado índice foliar sucede o aumento da deposição, em razão do uso de gotas mais finas.

A Figura 5, apresentada por Antuniassi (2004), ilustra o emprego do sistema de assistência a ar na barra de pulverização. Para efeitos de comparação quanto ao risco de deriva, o lado direito da barra teve o fluxo de ar interrompido. Pode-se perceber que a deriva produz uma névoa, sendo mais intensa no lado onde há a ausência do vento assistente, indicando que a assistência a ar proporciona uma menor deriva e um maior controle de aplicação sobre as gotas finas.

Figura 5 – Pulverizador com sistema de assistência a ar



Fonte: (ANTUNIASSI, 2004)

Para Stanislavski *et al.* (2014), a assistência a ar colabora para a redução da deriva nos casos de pulverizações com gotas pequenas em condições desfavoráveis para aplicação de defensivos, principalmente quando a velocidade do vento ultrapassa o limite da recomendação.

Estudos realizados por Faggion (2004) e Gupta *et al.* (2012a), apontam que a utilização de assistência de ar (barras com cortina de ar) na presença de velocidades de ventos não recomendados para a pulverização, é uma ferramenta que possui influência na diminuição das perdas. Ao avaliar características do fluxo de ar de um pulverizador assistido por ar, Gupta *et al.* (2012a) verificou que a inclusão das correntes de ar aumenta a velocidade das gotas menores, e gera turbulência no dossel da planta favorecendo a deposição de gotas na parte inferior da planta, além de reduzir a influência do vento ambiente na deriva.

Segundo Prado *et al.* (2010), o vento assistente desligado resultou em maior deposição na parte superior da superfície foliar da soja. Na parte inferior da planta, os tratamentos com assistência a ar apresentaram os maiores depósitos, mas apenas o vento de 11 km h^{-1} obteve maior deposição na superfície adaxial dos folíolos. A assistência a ar aumentou significativamente os níveis de depósitos na superfície adaxial dos folíolos localizados na base da planta.

Christovam *et al.* (2010) e Prado *et al.* (2010), encontraram maiores depósitos na superfície abaxial das folhas, tanto na parte superior e inferior da planta, na velocidade de ar máxima gerada pelo ventilador de 29 km h^{-1} , o que pode ser explicado devido a maior deflexão do ar pela superfície do solo.

Kullmann e Dias (2020), constataram que o aumento da velocidade de vento ambiente corresponde a um perfil de menor coeficiente de variação (CV%) quando submetido a uma maior velocidade de vento assistente, considerando a ponta API 11003. Para a ponta JAP 11002 na ausência de vento ambiente apresentou igualmente um menor CV quando submetida a uma maior velocidade de vento assistente. Entretanto, o desempenho da assistência a ar junto à barra apresentou menor interferência na redução do CV da ponta com sistema de indução a ar, indicando que essas pontas produzem gotas menos propensas à ação dos ventos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa (LAMAP), localizado na Universidade Federal do Pampa – Unipampa, campus Alegrete, Rio Grande do Sul. A aferição das condições meteorológicas durante as coletas de dados foi realizada por meio de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, cujo a estação automática mais próxima fica situada nas instalações do Instituto Federal Farroupilha Campus Alegrete, a cerca de 30 km de distância. No dia em que foi executado o experimento, foram observados os seguintes valores médios: temperatura do ar de 18,35°C, umidade relativa do ar de 56% e velocidade do vento de 2,73 m s⁻¹.

3.2 Equipamentos

Para desenvolvimento do experimento foi utilizado um conjunto trator-pulverizador composto por um trator da marca New Holland, modelo TL 75E, com 56 kW de potência no motor e um pulverizador montado da marca Jacto (Figura 6) as principais características encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Especificações Técnicas do pulverizador utilizado

Modelo	Falcon Vortex 600		
Nº de bicos	28	Espaçamento	0,5 m
Barras	Comprimento	Acionamento	Altura de trabalho
	14 m	Hidráulico	0,50 m / 1,30 m
Reservatório	Capacidade	Material	
	600 litros	Polietileno	
Bomba de pulverização	Tipo	Vazão nominal	
	Pistão	75 L/min	
Sistema de comando	Mecânico/hidráulico Master Flow®		
Acoplamento	Montado nos três pontos do sistema hidráulico do trator		

Fonte: (KULLMANN; DIAS, 2020)

Figura 6 – Conjunto trator-pulverizador que foi utilizado na condução do experimento



Fonte: Autora

Para controle do vento ambiente, o experimento foi realizado em local protegido, mantendo as condições internas de umidade e temperatura semelhantes às externas. Para a simulação do vento ambiente, foram utilizados dois ventiladores centrífugos elétricos à frente da mesa de checagem, ambos da marca Joape, modelo Guarujá, de velocidade variável e diâmetro da hélice de 0,5 m. A assistência a ar na barra de pulverização foi proporcionada por um ventilador centrífugo acionado hidraulicamente com rotação variável controlada manualmente, sendo esta conduzida por dutos produzidos em material sintético. A aferição da velocidade do vento assistente e do vento ambiente simulado foi através do anemômetro digital de palhetas, marca Prova, modelo AVM-01.

A ponta de pulverização avaliada foi o modelo JTT 11002, com o formato do jato plano leque de impacto da marca Jacto que, conforme o fabricante, é capaz de produzir gotas finas, médias e grossas em função de diferentes pressões de trabalho.

Ainda segundo o fabricante, o material de fabricação da ponta é plástico, apresenta excelente resistência às soluções corrosivas, e é adaptável a diferentes operações. Dispõe de leque de pulverização com grande ângulo para distribuição uniforme em área total e malha com maior passagem interna que minimiza o risco de entupimento. Na Figura 7 pode-se observar o modelo da ponta e, na Tabela 3 mostra-se as especificações da ponta.

Figura 7 – Ponta de pulverização estudada



Fonte: Autora

Tabela 3 – Especificações da ponta de pulverização utilizada no experimento

Modelo	Malha recomendada (Mesh)	Ângulo de Aplicação	Pressão (psi/kPa)	Vazão (Lmin ⁻¹)	Tamanho da gota (DMV)
JTT 11002	50	110°	15/103,42	0,35	Grossa
			20/137,90	0,42	Grossa
			30/206,84	0,49	Média
			40/275,80	0,57	Média
			50/344,73	0,64	Média
			55/379,20	0,66	Média
			60/413,68	0,68	Média
			75/517,11	0,79	Média
			90/620,53	0,87	Fina

Fonte: Máquinas Agrícolas Jacto S/A, Brasil. Disponível em <https://jacto.com/brasil/products/bicos-e-acessorios/jacto-jtt>

3.3 Coleta e análise dos dados

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em esquema trifatorial (2x3x3) formatado da seguinte maneira: duas velocidades de vento ambiente (0 e 3,3 m s⁻¹), três pressões de trabalho (137,9; 379,2; 620,5 kPa), e três velocidades de vento assistente (0; 3,75; e 7,25 ± 0,5 m s⁻¹), com três repetições, em um total de 54 unidades experimentais. Estas pressões de trabalho foram selecionadas para obtenção de gotas grossas, médias e finas respectivamente. As velocidades do vento assistente selecionadas correspondem, respectivamente, às condições de ausência do vento assistente, condição intermediária e a máxima velocidade proporcionada pelo equipamento. As

velocidades de vento ambiente selecionadas correspondem às condições de ausência de vento ambiente e vento ambiente em velocidade acima do recomendado para pulverização. Na tabela 4 são apresentadas as combinações para formação dos tratamentos experimentais.

Tabela 4 – Combinação dos fatores pressão de trabalho, vento ambiente e vento assistente para obtenção dos tratamentos do experimento

TRATAMENTO	PRESSÃO (kPa)	VENTO AMBIENTE (m s ⁻¹)	VENTO ASSISTENTE (m s ⁻¹)
1	137,9	0,0	0,0
2	137,9	0,0	3,75±0,25
3	137,9	0,0	7,25±0,25
4	137,9	3,3	0,0
5	137,9	3,3	3,75±0,25
6	137,9	3,3	7,25±0,25
7	379,2	0,0	0,0
8	379,2	0,0	3,75±0,25
9	379,2	0,0	7,25±0,25
10	379,2	3,3	0,0
11	379,2	3,3	3,75±0,25
12	379,2	3,3	7,25±0,25
13	620,5	0,0	0,0
14	620,5	0,0	3,75±0,25
15	620,5	0,0	7,25±0,25
16	620,5	3,3	0,0
17	620,5	3,3	3,75±0,25
18	620,5	3,3	7,25±0,25

Fonte: Autora

A análise da distribuição volumétrica da ponta de pulverização foi realizada fazendo-se o uso da mesa de checagem de distribuição (Figura 8), construída a partir da norma E641-01 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2012), composta por chapas metálicas onduladas formando 23 canais espaçados de 0,05 m, com largura total de 1,15 m, cada canal possui coletores individuais. A mesa foi posicionada abaixo da barra de pulverização com a ponta centralizada a uma altura de 0,35 m. A coleta do líquido pulverizado (água), foi realizada conforme a norma ISO 5682-1 (ISO, 1996), a qual orienta que a coleta seja concluída quando um dos tubos atingir 90% de sua capacidade.

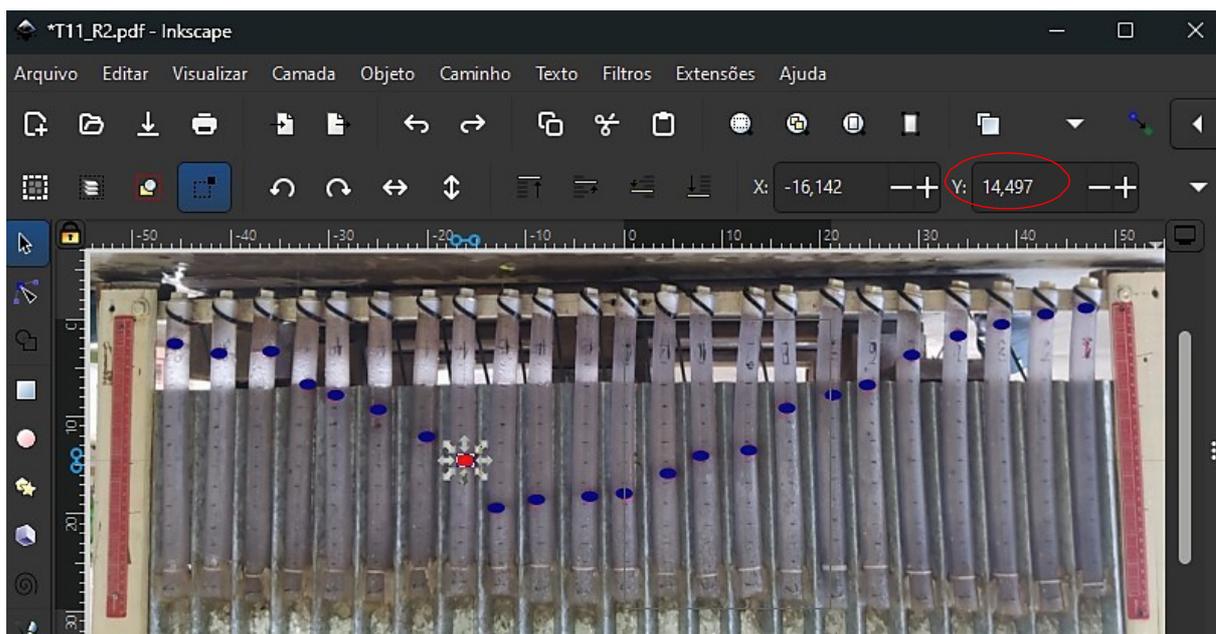
Figura 8 – Mesa de checagem para análise da distribuição, posicionada abaixo da barra do pulverizador



Fonte: Autora

Após a coleta do líquido, a mesa de checagem foi posicionada verticalmente para o registro fotográfico. As imagens foram analisadas no software Inkscape (Figura 9) para determinar as alturas do líquido em cada canaleta. Essas alturas foram, então, convertidas para volumes por meio de uma planilha. Anteriormente, os canais foram individualmente calibrados, e as alturas das colunas foram medidas para dois volumes conhecidos: 50 ml e 100 ml.

Figura 9 – Determinação da altura do líquido de cada canaleta no Inkscape



Fonte: Autora

A partir desses resultados, foram determinados dois coeficientes de uma função linear de primeira ordem. O volume de cada canaleta foi medido indiretamente pela altura da coluna formada pelo líquido pulverizado, e com esses dados aplicou-se a função linear de 1ª ordem relacionando altura e volume através de uma planilha no MS Excel.

Foi simulada a sobreposição de 5 pontas em intervalos de 0,50 m, como ocorre na barra de pulverização de acordo com o padrão de distribuição individual da ponta. Para tal, foi utilizado um programa computacional, desenvolvido na linguagem computacional MATLAB® (Matrix Laboratory - Laboratório de Matrizes), que importa os dados da planilha do MS Excel e retorna à sobreposição com base no número de canaletas em que houve deposição de líquido e o número de canaletas que foram sobrepostas, possibilitando a simulação de uma barra hipotética. Posteriormente, foram calculados os coeficientes de variação (CV%) para cada repetição. Com base nos valores obtidos da execução do programa, foi avaliada a uniformidade da distribuição do líquido pulverizado.

Para análise e interpretação dos dados de coeficiente de variação, foi utilizado o software Sisvar (SISVAR, 2018). Foi testada a hipótese de normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, no qual o resultado foi menor que 0,05, ou seja, os dados não possuem distribuição normal, sendo necessária a transformação dos mesmos. Por se tratar de dados percentuais, as médias de coeficiente de variação foram transformadas obtendo-se o arcoseno da raiz quadrada da proporção e, em seguida, foram submetidos à análise da variância (ANOVA) com 1% e 5% de probabilidade de erro. Quando os resultados apresentaram contrastes significativos, a análise complementar do experimento foi realizada através do teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância e teste Tukey

Os resultados da análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey, que teve como objetivo avaliar possíveis diferenças estatísticas entre os grupos e identificar quais tratamentos apresentam médias significativamente distintas, serão apresentados a seguir.

Na análise de variância da variável CV%, observou-se efeito significativo a 5% de probabilidade de erro para as interações entre as fontes de variação pressão e vento ambiente, e pressão, vento ambiente e vento assistente (Tabela 5). O baixo coeficiente de variação experimental (7,36%) denota boa precisão experimental (BANZATTO; KRONKA, 2013). Essa medida de dispersão está diretamente ligada à qualidade da aplicação, especialmente no quesito uniformidade (PEIXOTO *et al.*, 2020).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para a variável coeficiente de variação (CV%)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Pressão	2	0,001622	0,000811	2,133	0,1332
Vento ambiente	1	0,000193	0,000198	0,507	0,4812
Vento assistente	2	0,002344	0,001172	3,082	0,0581
Pressão x Vento ambiente	2	0,021885	0,010943	28,777	0,0000*
Pressão x Vento assistente	4	0,000345	0,000086	0,227	0,9216
Vento ambiente x Vento assistente	2	0,000210	0,000105	0,277	0,7600
Pressão x Vento ambiente x Vento assistente	4	0,004136	0,001034	2,719	0,0447*
Erro	36	0,013689	0,00038		
Total corrigido	53	0,044425			
CV Experimental (%)			7,36		

* Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F.

Fonte: Autora

Para a interação de dois fatores (pressão x vento ambiente), os coeficientes de variação de distribuição volumétrica foram avaliados em diferentes condições de pressão (137,9, 379,2 e 620,5 kPa) e velocidades de vento ambiente (ausência de

vento e $3,3 \text{ m s}^{-1}$). A análise dos efeitos do vento ambiente, avaliada pela média dos coeficientes de variação, revela resultados variados, apresentados na Tabela 6.

Conforme observa-se na Tabela 6, para a pressão de 137,9 kPa, a ausência de vento ambiente resulta em um coeficiente de variação menor, indicando uma distribuição mais uniforme nessas condições. No entanto, nas pressões mais elevadas (379,2 e 620,5 kPa), a presença de vento ambiente a $3,3 \text{ m s}^{-1}$ produziu os menores coeficientes de variação, o vento ambiente teve um impacto positivo na distribuição volumétrica nessa combinação de fatores. Esses resultados coincidem com as conclusões de Baesso *et al.* (2009a), que discutiram que a redução da pressão pode influenciar negativamente o ângulo do jato, o que, por sua vez, pode impactar a sobreposição dos jatos, levando a uma distribuição volumétrica menos uniforme, ou seja, pressões elevadas favorecem a uniformidade na presença de vento ambiente.

Em trabalhos correlatos, no contexto das pontas de pulverização, a ponta TT11002 demonstrou variações na faixa total, sendo a maior faixa observada em uma pressão baixa 252 kPa (ZAMBIANCO, 2013). Viana (2006), constatou que a ponta TT11002 produz gotas do tamanho que se alinham com as especificações do fabricante, sugerindo que não há desvio significativo na trajetória das gotas desde a saída da ponta até o alvo, característica importante para reduzir a deriva.

Tabela 6 – CV% da distribuição volumétrica obtido pela interação entre pressão e vento ambiente

Pressão (kPa)	Vento Ambiente (m s^{-1})	
	0	3,3
137,9	5,77 Bb	8,49 Aa
379,2	7,33 Aa	5,65 Bb
620,5	7,80 Aa	6,27 Bb

*Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade de erro, segundo teste de Tukey.

Fonte: Autora

Para a interação de três fatores (pressão x vento ambiente x vento assistente), a Tabela 7 mostra os coeficientes de variação da distribuição volumétrica, das combinações de duas velocidades de vento ambiente e do vento assistente desligado sob as pressões de 137,9, 379,2 e 620,5 kPa.

Com base nos resultados obtidos (Tabela 7), notou-se que nos tratamentos em que a assistência de ar estava desligada e não havia vento ambiente, não foram identificadas diferenças significativas entre as pressões de trabalho. No entanto, na presença de vento ambiente notou-se uma diferença significativa, onde a pressão de 379,2 kPa demonstrou o melhor desempenho, enquanto a pressão de 620,5 kPa apresentou um resultado intermediário. Por outro lado, a pressão de 137,9 kPa obteve o pior resultado nas condições mencionadas. Isso indica que a interação entre a pressão de trabalho, a assistência de ar e a presença de vento ambiente desempenha um papel importante nos resultados da aplicação.

Baesso *et al.* (2009a), constataram que, ao usar uma ponta jato cônico vazio em pressões de 500, 600 e 700 kPa, a assistência de ar prejudica a uniformidade de distribuição, aumentando depressões centrais. Em outro trabalho, as pontas de jato plano defletor proporcionaram perfis mais regulares do que a ponta de jato cônico vazio, o que facilita a uniformidade de distribuição em tratamentos em área total (CUNHA; SILVA, 2010).

Tabela 7 – CV% da distribuição volumétrica obtido com o vento assistente desligado (0 m s^{-1})

Pressão (kPa)	Vento Ambiente (m s^{-1})	
	0	3,3
137,9	5,90 Ab	7,98 Aa
379,2	7,45 Aa	5,89 Ba
620,5	7,70 Aa	6,62 ABa

*Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade de erro, segundo teste de Tukey.

Fonte: Autora

A Tabela 8 apresenta os coeficientes de variação da distribuição volumétrica para diferentes combinações de duas velocidades de vento ambiente e vento assistente intermediário em pressões de 137,9, 379,2 e 620,5 kPa.

Nos tratamentos com a assistência de ar a $3,75 \text{ m s}^{-1}$ e ausência de vento ambiente, não foram observadas diferenças significativas entre as pressões de trabalho. Contudo, na presença de vento ambiente, a pressão de 137,9 kPa novamente resultou em um desempenho inferior, apresentando altos valores de CV.

Entre as pressões de 379,2 e 620,5 kPa, não foram encontradas diferenças significativas. O melhor desempenho, considerando apenas as combinações deste vento assistente ($3,75 \text{ m s}^{-1}$), ocorreu sob a pressão de 379,2 kPa na presença de vento ambiente ($3,3 \text{ m s}^{-1}$).

O estudo conduzido por Prado *et al.* (2010), evidenciou que a utilização de vento assistente intermediário a uma velocidade de 11 km h^{-1} (3 m s^{-1}), combinada com uma pressão de 400 kPa, resultou em depósitos significativamente superiores na parte inferior da planta. Esses resultados fortalecem as conclusões do presente estudo, em que a combinação de vento intermediário a $3,75 \text{ m s}^{-1}$ com uma pressão de 379,2 kPa (T11) também demonstrou eficácia, gerando o menor coeficiente de variação, indicando uma distribuição mais uniforme da pulverização.

Tabela 8 – CV% da distribuição volumétrica obtido com o vento assistente intermediário ($3,75 \text{ m s}^{-1}$)

Pressão (kPa)	Vento Ambiente (m s^{-1})	
	0	3,3
137,9	5,77 Ab	7,93 Aa
379,2	6,99 Aa	5,23 Bb
620,5	6,52 Aa	6,40 Ba

*Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade de erro, segundo teste de Tukey.

Fonte: Autora

A Tabela 9 mostra os coeficientes de variação da distribuição volumétrica, das combinações de duas velocidades de vento ambiente e de vento assistente máximo proporcionado pelo vento assistente, sob as pressões de 137,9, 379,2 e 620,5 kPa.

Quando o vento assistente estava no máximo, obteve-se interferência nos resultados tanto nas combinações com e sem vento ambiente. Na ausência do vento ambiente, a pressão de 137,9 kPa resultou em um desempenho superior, enquanto a de 379,2 kPa obteve um resultado intermediário e a de 620,5 kPa obteve pior resultado. Por outro lado, na presença do vento ambiente, o pior resultado foi encontrado na pressão de 137,9 kPa, enquanto as pressões de 379,2 e 620,5 kPa mostraram resultados semelhantes, e apresentaram menores valores de CV%.

Ao contrário do que foi constatado por Marangoni Junior e Ferreira (2018), onde não foram observados impactos significativos da variação das pressões operacionais na distribuição da ponta de pulverização TT11002, os resultados obtidos neste estudo estão alinhados com as conclusões discutidas por Vitoria *et al.* (2011). Este último trabalho evidenciou que a ponta TT11002 exibe um perfil de distribuição característico, o qual foi influenciado pela pressão de trabalho.

Tabela 9 – CV% da distribuição volumétrica obtido com o vento assistente máximo (7,25 m s⁻¹)

Pressão (kPa)	Vento Ambiente (m s ⁻¹)	
	0	3,3
137,9	5,77 Bb	9,75 Aa
379,2	7,60 ABa	5,91 Bb
620,5	9,31 Aa	5,82 Ba

*Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade de erro, segundo teste de Tukey.

Fonte: Autora

4.2 Avaliação do perfil de distribuição volumétrica e uniformidade em diferentes condições operacionais

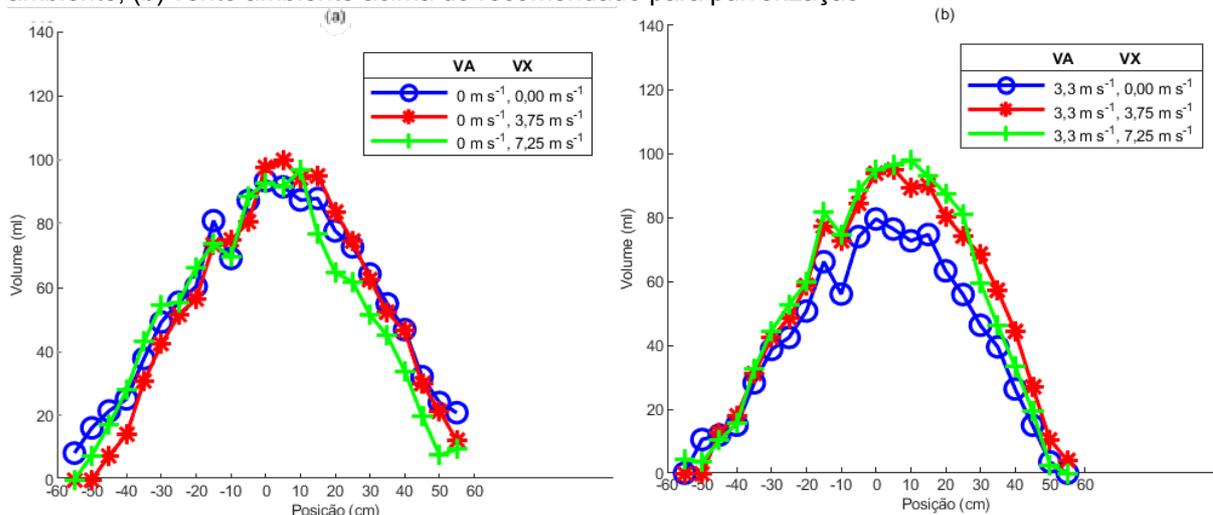
A seguir serão apresentados gráficos que ilustram o perfil individual e combinado da distribuição volumétrica e uniformidade em diferentes condições operacionais. Essas representações visuais fornecerão uma visão mais aprofundada e comparativa, permitindo uma análise detalhada do desempenho da ponta sob diferentes combinações de pressão, velocidade vento ambiente e velocidade de vento assistente.

A Figura 10 exibe o perfil de distribuição volumétrica quando a ponta de pulverização opera isoladamente sob a pressão de 137,9 kPa. Observa-se que a distribuição não é uniforme, apresentando um padrão de maior volume no centro, semelhante a uma distribuição contínua. A curva revela uma assimetria negativa, evidenciando que o lado esquerdo apresenta uma maior variabilidade, enquanto o lado direito exibe uma redução gradual, acompanhada de um maior volume depositado. Essa assimetria pode resultar em uma baixa uniformidade na aplicação,

levando a áreas com falta ou excesso de cobertura de gotas ao longo da área tratada (Vitória *et al.*, 2011).

O perfil de deposição não é uniforme, sendo necessária a sobreposição de jatos para melhoramento da distribuição transversal. Resultados semelhantes foram encontrados por Freitas *et al.* (2005), que constataram que o perfil da ponta TT 11002 sob pressão de 110 kPa era contínuo, com volume uniforme no centro e queda acentuada nas duas extremidades. Zambianco (2013), também observou que ao alterar a pressão, o padrão de distribuição individual sofria grandes mudanças. Na pressão de 100 kPa, a distribuição de volume triangular não era tão evidente como em pressões mais altas. Esses resultados são semelhantes aos encontrados neste estudo, onde a pressão de 137,9 kPa não exibe claramente o padrão triangular observado nas pressões de 379,2 e 620,5 kPa. Isso é notável no tratamento (T4), onde o vento assistente não foi utilizado na presença do vento ambiente.

Figura 10 – Perfis de distribuição volumétrica na pressão de 137,9 kPa: (a) na ausência de vento ambiente, (b) vento ambiente acima do recomendado para pulverização



Fonte: Autora

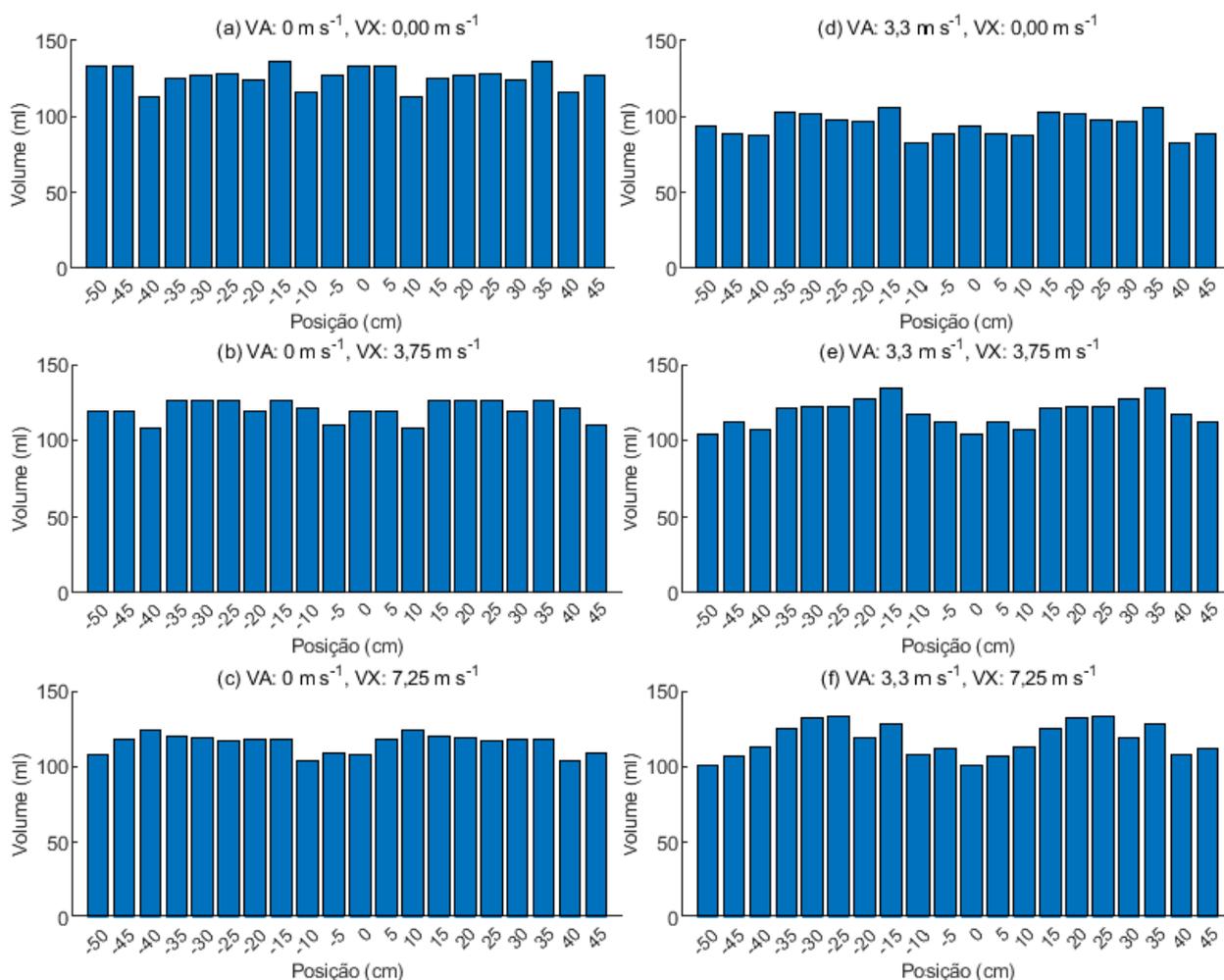
As simulações da sobreposição da ponta JTT 11002 sob uma pressão de 137,9 kPa, com um espaçamento de 0,50 m, quando submetida à assistência de ar na presença e ausência de vento ambiente, são apresentadas na Figura 11.

Ao analisar os perfis de sobreposição da Figura 11, foi possível observar que o uso do vento assistente na ausência de vento ambiente (b e c), resultou em uma sobreposição mais uniforme das gotas.

No entanto, na presença de vento ambiente, a velocidade do vento assistente a $3,75 \text{ m s}^{-1}$ (e) causou apenas uma leve melhoria na uniformidade, enquanto a

velocidade de $7,25 \text{ m s}^{-1}$ (f) perturbou a distribuição, resultando em um coeficiente de variação (CV) maior. Isso indica que a interação entre o vento ambiente e a assistência de ar tem um impacto significativo na uniformidade da aplicação, e a escolha da velocidade do vento assistente deve ser cuidadosamente considerada para otimizar a distribuição das gotas.

Figura 11 – Perfis de sobreposição, com espaçamento de 0,50 sob pressão de 137,9 kPa



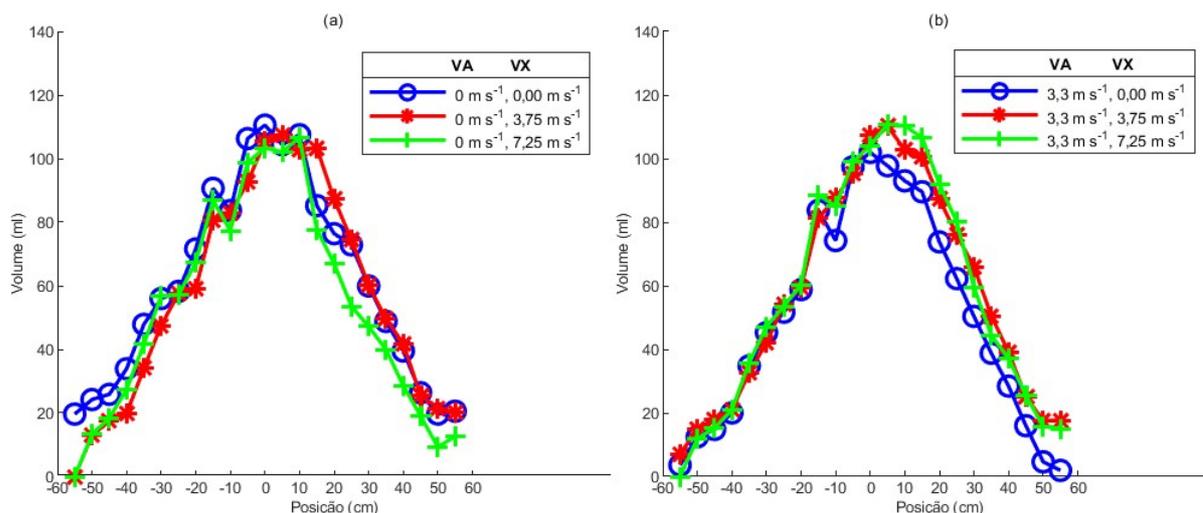
Fonte: Autora

A Figura 12 apresenta o perfil da distribuição volumétrica da ponta trabalhando isoladamente a 0,35 m de altura, pressão de 379,2 kPa, considerando diferentes velocidades de vento ambiente (0 ; $3,3 \text{ m s}^{-1}$) e três de vento assistente (0 ; $3,75$ e $7,25 \text{ m s}^{-1}$). Observa-se uma melhoria na simetria do perfil em comparação com pressões mais baixas (Figura 10), sendo relevante considerar a interação entre o vento assistente e o vento ambiente para otimizar a distribuição.

Conforme indicado por Cunha e Silva (2010), em sua pesquisa, a ponta TT 11002 apresentou uma simetria no perfil, com redução no pico central e alargamento do perfil à medida que a altura da barra e a pressão de trabalho foram aumentadas. No entanto, os resultados deste estudo mostram uma melhoria na simetria do perfil com aumento do pico central. Essas variações podem ser atribuídas a diferenças nas condições experimentais e às características específicas da ponta JTT 11002.

Quando se analisa o perfil individual em situações sem vento ambiente, observamos que o vento assistente, operando em sua máxima velocidade, resulta em uma redução no volume coletado. Em contraste, em condições com vento ambiente, a assistência de ar desempenha um papel significativo, contribuindo para um aumento no volume de calda depositado.

Figura 12 – Perfis de distribuição volumétrica na pressão de 379,2 kPa: (a) na ausência de vento ambiente, (b) vento ambiente acima do recomendado para pulverização



Fonte: Autora

As simulações da sobreposição da ponta JTT 11002, quando submetida à assistência de ar na presença e ausência de vento ambiente, com um espaçamento de 0,50 m, são apresentadas na Figura 12.

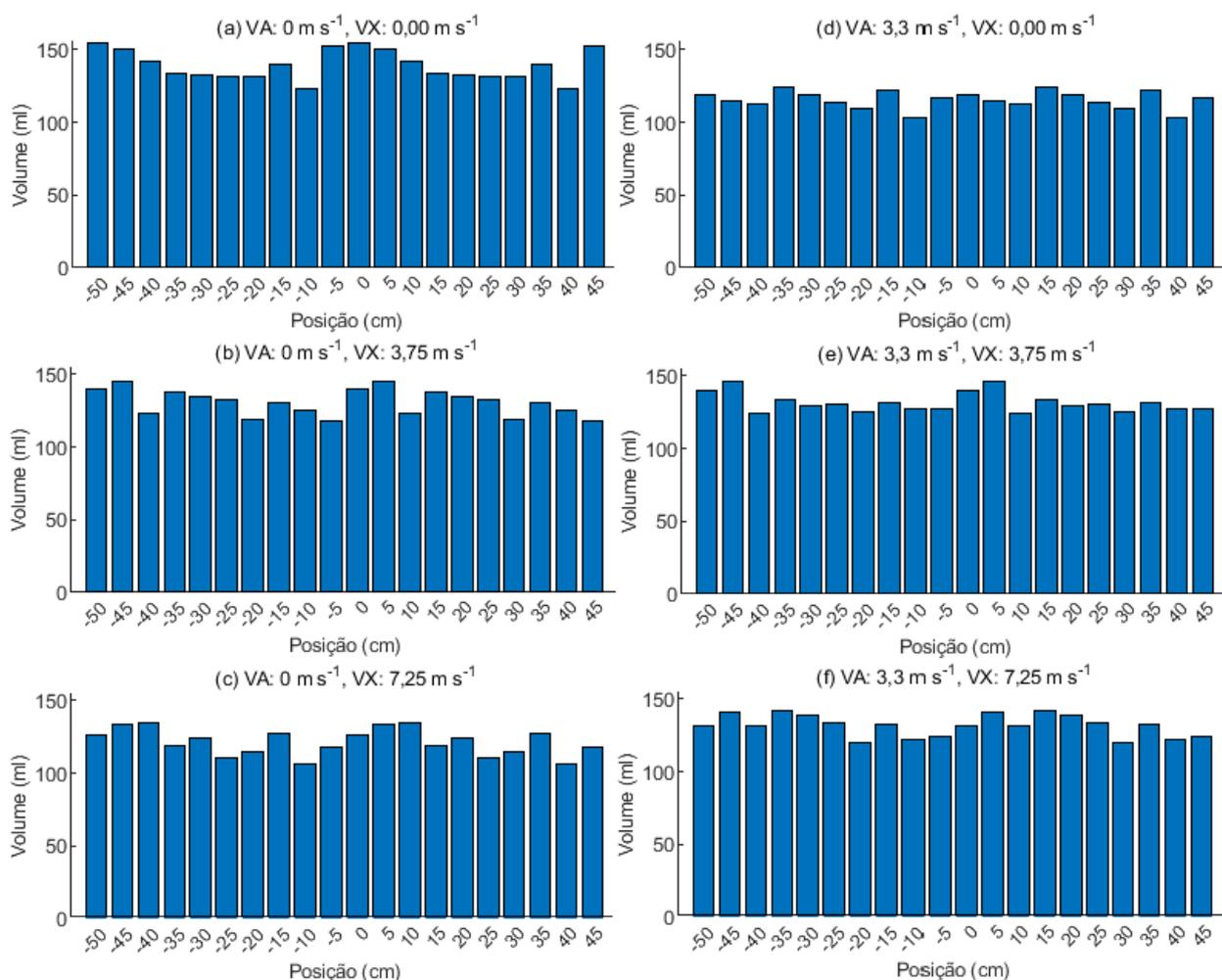
Ao contrário do observado sob a pressão de 137,9 kPa, a utilização do vento assistente na ausência de vento ambiente resultou em coeficientes de variação (CV%) mais elevados, em comparação com sua aplicação na presença de vento ambiente. Esses resultados são similares com os estudos de Kullmann e Dias (2020), os quais constataram que a aplicação exclusiva da assistência de ar, sem a influência do vento ambiente, teve um impacto negativo na uniformidade da sobreposição da ponta API

11003 sob uma pressão de 60 PSI (413,7 kPa).

Na presença do vento ambiente, o vento assistente operando em sua máxima velocidade (f) atingiu uma uniformidade semelhante à obtida com o vento assistente desligado (d). Nesse contexto, a obtenção de uma uniformidade semelhante entre o vento assistente em máxima velocidade e o vento assistente desligado sugere que, nessas condições específicas, a assistência de ar pode não proporcionar benefícios significativos em termos de melhoria na distribuição.

As Figuras 11 e 13 (d) indicam que a ausência de assistência a ar resulta em uma menor coleta do líquido pulverizado. Esses resultados corroboram a pesquisa de Baesso *et al.* (2009b), que observou um aumento significativo na cobertura e densidade de gotas com o uso da assistência a ar.

Figura 13 – Perfis de sobreposição, com espaçamento de 0,50 sob pressão de 379,2 kPa



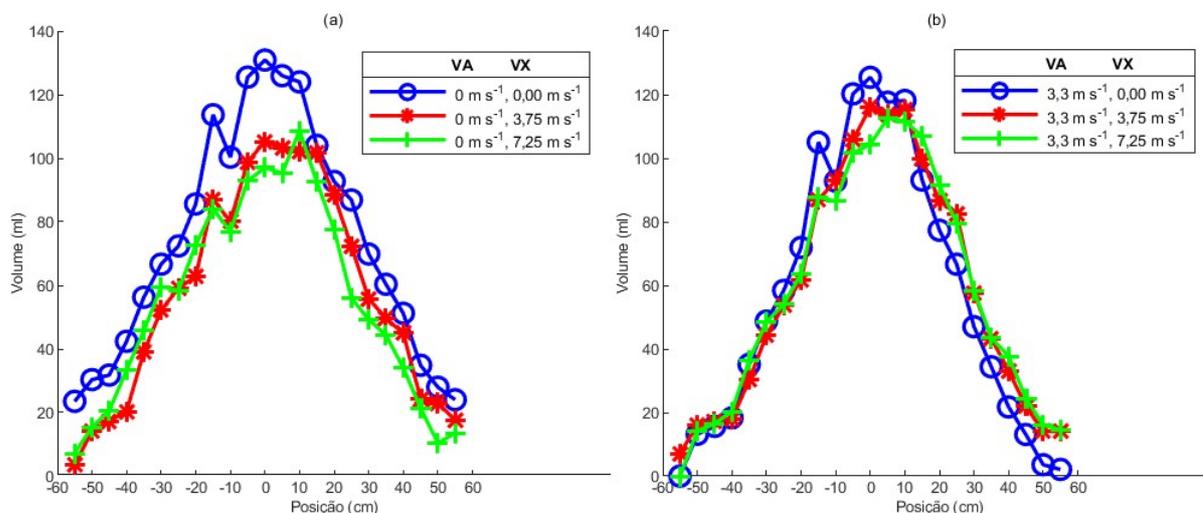
Fonte: Autora

O perfil da distribuição volumétrica da ponta, operando isoladamente a uma altura de 0,35 m, com duas velocidades de vento ambiente (0 e 3,3 m s⁻¹) e três velocidades de vento assistente (0, 3,75 e 7,25 m s⁻¹), sob a pressão de 620,5 kPa, é apresentado na Figura 14.

Nas pressões anteriores (Figuras 9 e 11), observam-se algumas irregularidades suaves na curva do perfil. Essas irregularidades tornam-se mais evidentes sob a pressão de 620,5 kPa. Este resultado coincide com a observação de que o padrão de deposição das pontas de impacto não segue um padrão regular, assemelhando-se a uma distribuição em formato de "dromedário". Essa peculiaridade cria problemas de sobreposição quando essas pontas são utilizadas em barras de pulverização, resultando em uma deposição bastante irregular (KUNZ, 2013). Entretanto, o aumento da pressão melhorou a simetria da curva, e este resultado está em conformidade com Vitória *et al.* (2011), que observaram que quanto maior a pressão, mais estável é a distribuição em relação ao coeficiente de assimetria.

Embora Amler *et al.* (2021) tenham observado que a ponta de impacto apresenta uma maior deposição de calda nas plantas e no solo em comparação com outros modelos de ponta, e que o aumento da pressão de trabalho não afeta a deposição na ponta de impacto, os resultados do presente estudo mostram uma tendência oposta. No caso deste estudo, observou-se um aumento no depósito de líquido pulverizado conforme o aumento da pressão de trabalho.

Figura 14 – Perfis de distribuição volumétrica na pressão de 620,5 kPa: (a) na ausência de vento ambiente, (b) vento ambiente acima do recomendado para pulverização



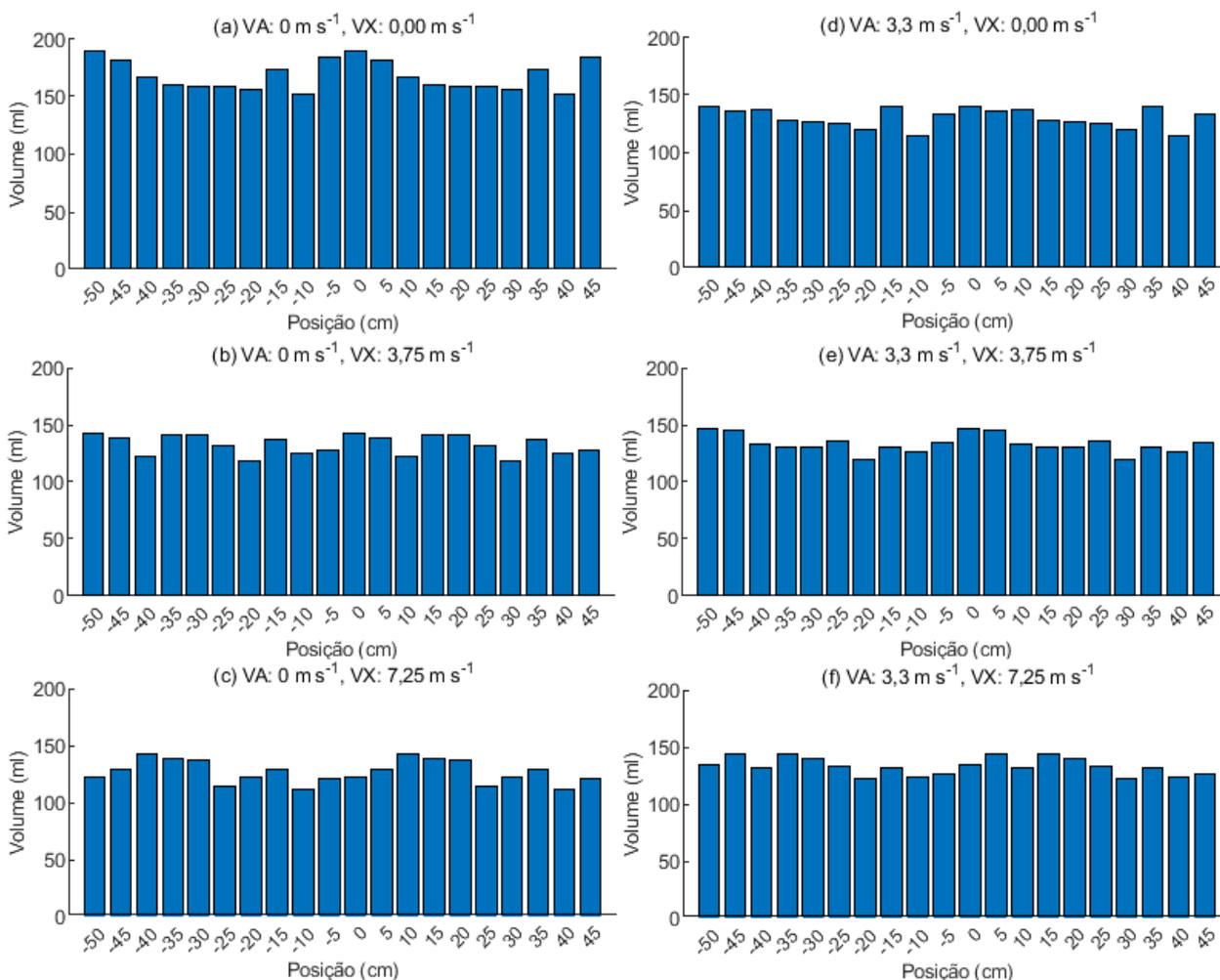
Fonte: Autora

A Figura 15 mostra as simulações da sobreposição da ponta JTT 11002, quando submetida a assistência de ar, em presença e ausência de vento ambiente.

Quanto à pressão de 620,5 kPa, a ausência de vento ambiente resultou em coeficientes de variação (CV%) mais elevados, indicando que em condições de vento ambiente, pressões mais elevadas são mais apropriadas, enquanto em sua ausência, pressões mais baixas podem ser preferíveis para alcançar uma distribuição uniforme.

A utilização do vento assistente na presença de vento ambiente resultou em perfis mais triangulares, com uma concentração maior do depósito de calda no centro (Figura 14b). Esse padrão de distribuição próximo ao triangular é benéfico, pois favorece uma sobreposição adequada (CUNHA, 2008). Portanto, a sobreposição eficaz dos jatos em uma barra de pulverização desempenha um papel crucial na obtenção de uma distribuição uniforme do volume aplicado (GRIESANG, 2019).

Figura 15 – Perfis de sobreposição, com espaçamento de 0,50 sob pressão de 620,5 kPa



Fonte: Autora

5 CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam variações significativas no perfil de distribuição volumétrica da ponta de pulverização em diferentes pressões de trabalho. Sob a pressão de 137,9Kpa, a distribuição foi menos uniforme, tornando-se mais simétrica em 379,2 e 620,5 kPa, a uniformidade melhorou na presença do vento ambiente, ocorrendo o oposto na ausência deste.

A presença do vento ambiente teve um impacto significativo na distribuição volumétrica da ponta de pulverização. Em pressões mais elevadas, contribuiu positivamente para a uniformidade da distribuição, enquanto em pressões mais baixas, sua ausência resultou em coeficientes de variação mais baixos.

O vento assistente influenciou a distribuição volumétrica. A 137,9 kPa, o menor coeficiente de variação (CV) foi observado na ausência de vento ambiente. A 379,2 kPa, o menor CV foi registrado na presença de vento ambiente, enquanto a 620,5 kPa, na velocidade máxima do vento assistente, o menor CV foi alcançado também na presença de vento ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 16122 - 2:** Máquinas agrícolas e florestais - Inspeção de pulverizadores em uso - Parte 2: Pulverizadores de barra horizontal. Rio de Janeiro, 2018. 20 p. Acesso em: 29 jul. 2022.

ALVES, F. de L. **Protótipo de automação de baixo custo para pulverizadores de barra na aplicação de defensivos agrícolas.** 2016. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavél, 2016. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2724/1/%20Fernando_Alves.pdf. Acesso em: 16 jul. 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E641-01:** Standard Methods for Testing Hydraulic Spray Nozzles Used in Agriculture. West Conshohocken, PA, USA. 2012. 6 p.

AMLER, D. A. *et al.* Deposição de calda na cultura da cebola e no solo em função da ponta de pulverização e da pressão de trabalho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 142-148, 2 jul. 2021. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/223811712022021142>. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/19565/13115>. Acesso em: 13 jan. 2023.

ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários.** São Paulo: Linea Creativa, 2010. 52 p. Disponível em: <http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/Leitura%20-%20Manual%20Tecnologia%20de%20Aplicacao.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ANTUNIASSI, U. R. **Seleção de pontas de pulverização.** Botucatu: CORTEVA AGRISCIENCE, 2019. E-book (11p.) (BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS). Disponível em: https://www.corteva.com.br/content/dam/dpagco/corteva/la/br/pt/bpa-site/ebooks/pdfs/Ebook_TA_Selecao_de_pontas_de_pulverizacao.pdf. Acesso em: 14 jul. 2022.

ANTUNIASSI, U. R. **Spraying technology for the control of soybean asian rust.** In: COELHO, L.; CEZAR, J. F. Soybean asian rust: ethiology, epidemiology and management, 2004. Cap. 16. p. 225-260. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334405234_SOYBEAN_ASIAN_RUST_ETHIOLOGY_EPIDEMIOLOGY_AND_MANAGEMENT. Acesso em: 01 ago. 2022.

AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F das C. O. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 47 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426350/1/Dc102.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2022.

BAESSO, M. M. *et al.* Avaliação da Uniformidade de Distribuição Volumétrica de Bicos Hidráulicos em Pulverizador com Assistência de Ar. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, v. 17, n. 2, p. 120-127, 30 abr. 2009a. Revista Engenharia na Agricultura. <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v17n02a05>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/107>. Acesso em: 17 dez. 2023.

BAESSO, M. M. *et al.* Deposição de gotas de um pulverizador hidráulico com assistência de ar na barra de pulverização na cultura do feijão. **Engenharia na Agricultura**, Viç, Viçosa, v. 17, n. 6, p. 438-445, nov. 2009b. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/100/82>. Acesso em: 08 jul. 2022.

BAESSO, M. M. *et al.* Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.1, p. 780-785, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/4C4MTypZ99m4BLGvkvXHP/?lang=pt>. Acesso em: 29 jul. 2022.

BANZATTO, D. A; KRONKA, S. do N. Experimentação agrícola. 4º edição. Jaboticabal: FUNEP, 2013.

BARRETO, A. F. **Avaliação de parâmetros da tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja**. 2011. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, São Paulo –, 2011. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105256/barreto_af_dr_jabo.pdf;jsessionid=A38C3A1DB07C57E926323065C5C84743?sequence=1. Acesso em: 14 jul. 2022.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/dBqhYTLF8CBk4DYfwdtkqTm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 jun. 2022.

BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Distribuição volumétrica de calda produzidas pelas pontas pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275-284, jun. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582004000200015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/8Np95sfXgMNV7S5RQ5STkv/?lang=pt>. Acesso em: 13 jul. 2022.

BONADIO, J. A. B. *et al.* **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas: inovações**. In: KUHN, O. J. *et al.* Ciências Agrárias: tecnologias e perspectivas. Marechal Cândido Rondon: Unioeste, 2015. Cap. 11. p. 207-223. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/livro/859-livros/978-85-68205-03-7/8124-ciencias-agrarias-tecnologias-e-perspectivas.html>. Acesso em: 07 jun. 2022.

CHRISTOVAM, R. S. *et al.* Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, [S.L.], v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052010000100029>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/KYngnwMp7VN9bXLd9v5GtGQ/?lang=pt>. Acesso em: 09 jul. 2022.

CONTIERO, R. L. *et al.* Tecnologia de Aplicação. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R., comps. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018, p. 401-449. Disponível em:<http://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-15.pdf>. Acesso em: 28 jul 2022.

COSTA, L.L.; POLANCZYK, R. **Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias**. 1ª. ed. Jaboticabal: Funep, 2019, p. 168. ISBN 978-85-7805-185-3. Disponível em: http://sabri.com.br/wp-content/uploads/2019/08/E-bookTecnologia_de_aplicacao_de_caldas_fitossanitarias.pdf. Acesso em: 28 jul 2022.

CUNHA, J P. A. R. da *et al.* Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, v. 27, p. 10-15, jan. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162007000200002>.

CUNHA, J. P. A. R. da. Análise da distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulicas de jato plano. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 31, n. 1, p. 233-239, 17 abr. 2008. **Revista de Ciências Agrárias**. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA.15586>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/15586>. Acesso em: 12 jul. 2022.

CUNHA, J. P. A. R. da; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Uberlândia, v. 32, n. 4, p. 597-602, 1 dez. 2010. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.2502>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/b443d5nsWSP6TQ9m8cjWPzR/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

CUNHA, J. P. R. da. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 36, n. 5, p. 1616-1621, out. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/NTGKZQsrSFvBjY57fDNQdyL/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.

DI OLIVEIRA, J. R. G. *et al.* **Tópicos em entomologia agrícola** In: ARAUJO, E. S. *et al.* Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários: Conceitos Básicos. Ribeirão Preto: Maxicolor Gráfica e Editora, 2008. Cap. 12. p. 178-185. Disponível em:

<https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/MARCELODACOSTA FERREIRA/MaterialDidatico/conceitos-basicos-de-tecnologia-de-aplicacao.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.

DURÃO, C. F. **Desempenho de diferentes modelos de pontas de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja**. 2016. 90 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U.R. Ar na aplicação. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, Ano IV, n°.26, p.12-15, 2003-2004. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/ar-na-aplicacao>. Acesso em: 10 jun 2022.

FERREIRA, M. da C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros**. 2003. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, São Paulo, 2003. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105316/ferreira_mc_dr_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 ago. 2022.

FERREIRA, M. Da C. **Classificação de Máquinas e Métodos de Aplicação**. In: V Semana Acadêmica das Ciências Agrárias, 2016. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/MARCELODACOSTA FERREIRA/MaterialDidatico/classificacao-de-maquinas-e-metodos-de-aplicacao.pdf> Acesso em: 27 jul. 2022.

FREITAS, F.C.L. *et al.* Distribuição volumétrica de pontas de pulverização Turbo Teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 161-167, mar. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582005000100019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/5BrNBtdXzkpkq3DDd3hFrPh/?lang=pt#>. Acesso em: 22 dez. 2022.

GRIESANG, F. **Efeito da uniformidade de gotas em pulverizações por pontas de energia hidráulica na qualidade da aplicação em culturas de baixo fuste e nas perdas por deriva**. Jaboticabal, 2019 104 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). 2019. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/183075/griesang_f_dr_jabo.pdf?sequence=8&isAllowed=y. Acesso em: 25 jan. 2022.

GUPTA, Pankaj *et al.* Air flow characteristics of an air-assisted sprayer through horizontal crop canopy. **International Journal Agricultural and Biological Engineering**, New Delhi, v. 5, n. 1, p. 1-6, mar. 2012a. Disponível em: <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/445/423>. Acesso em: 29 jul. 2022.

GUPTA, Pankaj *et al.* DRIFT STUDY FROM AN AIR-ASSISTED SPRAY NOZZLE. **Hi-Tech Horticultural Society**, New Delhi, v. 4, p. 84-88, jul. 2012b. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/298789177_DRIFT_STUDY_FROM_AN_AI

R-ASSISTED_SPRAY_NOZZLE. Acesso em: 30 jul. 2022.

ISHFAQUE, M. *et al.* Effect of power on droplet size by hand held spinning disc sprayer. **Pakistan Journal Of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 8, n. 4, p. 567- 570, 15 mar. 2005. Science Alert.

<http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2005.567.570>. Disponível em:

<https://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2005/567-570.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2022.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5682-1**: Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: test methods for sprayer nozzles. Geneva, 1996. 5 p.

KULLMANN, S. E.; DIAS, V. de O. Uniformidade de distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização sob efeito da assistência a ar na barra. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 3, p. 339-351, 29 set. 2020. EIA Energy in Agriculture. <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2020v35n3p339-351>.

KUNZ, J. H. **Defensivo agrícola: técnico em agricultura**. Instituto Formação Cursos. Técnicos Profissionalizantes. 2013. disponível em: <http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/18-33-17-apostila-defensivoagricola.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022

MARANGONI JUNIOR, A.; FERREIRA, M. da C. Influence of working pressure and spray nozzle on the distribution of spray liquid in manual backpack sprayers. **Arquivos do Instituto Biológico**, [S.L.], v. 86, n. 1, p. 1-9, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000442018>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aib/a/x9t9YBys6htBGwWnXyRNMzr/?lang=en&format=pdf>.

NASCIMENTO, A. B. *et al.* Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 105-116, ago. 2012. Disponível em:

<https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1672/1780>. Acesso em: 29 jul. 2022.

NASCIMENTO, A. B. *et al.* Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, p.2687-2696, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n6p268. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/269925478_Determinacao_do_tamanho_da_amostra_de_papeis_hidrossensiveis_em_experimentos_ligados_a_tecnologia_de_aplicacao. Acesso em: 28 jul. 2022.

PEIXOTO, R. L. O. *et al.* Perfil de deposição e vazão de pontas de pulverização tti11003 sob diferentes níveis de desgaste. **Ipê Agronomic Journal**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 1-8, 3 dez. 2020. Associação Educativa Evangélica.

<http://dx.doi.org/10.37951/2595-6906.2020v4i2.6365>. Disponível em:

<http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/ipeagronicjournal/article/view/6365/3360>. Acesso em: 18 mar. 2023.

PRADO, E. P. *et al.* Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 45-50, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-54052010000100008>.

RAETANO, C. G. Assistência de ar em pulverizadores de barra. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 221-225, 2002. Disponível em: http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v64_2/raetano.pdf. Acesso em: 05 jun. 2022.

RAMOS, H. H. **Interação do produto e alvo na pulverização**. Visão Agrícola, Piracicaba - SP, v. 2, p. 112-116, 18 jan. 2005.

SASAKI, R. S. *et al.* Espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, p.211-218, jun. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/559>. Acesso em: 30 jul. 2022.

SASAKI, R. S. *et al.* Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulica em diferentes condições operacionais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 6, p. 541-547, dez. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/258/196>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural –. **Mecanização: operação de pulverizador de barras tratorizado**. 224. ed. Brasília: Coleção SENAR, 2018. 184 p. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/224-PULVERIZADOR-EM-BARRA.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2022.

SHICHOCKI, D. **Metodologia de inspeção de pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na região do alto Paranaíba - MG**. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2013. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2021/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal, total de defensivos agrícolas por produto aplicado, 2022. **SINDIVEG**. Disponível em: <https://sindiveg.org.br/mercado-total/>. Acesso em: 05 jun. 2022.

SISVAR: análise estatística e planejamento de experimentos. Versão: 5.8. Lavras: **DEX/UFLA**, 2018. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 29 jul 2022.

SPRAYING, Suporte Agrícola. **Papel Sensível à Água (Hidrossensível)**. 2020. Disponível em: <https://suporteagricolaspraying.com.br/produtos/papel->

sensivel-a- agua-hidrossensivel-76x26mm-syngenta-teejet-50-unidades/. Acesso em: 28 jul. 2022.

STANISLAVSKI, W. M. *et al.* Air flow humidification for air-assisted boom sprayer. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 48-56, fev. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162014000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/dhyDgydt6RX5LjfCzq3dWWR/?lang=en>. Acesso em: 09 jul. 2022.

TASSINARI, J. R. **Análise ergonômica da atividade com pulverizador manual pressurizado na região do vale do paraíba**. 2012. 31 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/44391/R%20-%20E%20-%20JOSE%20RENATO%20TASSINARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 jul. 2022.

TEEJET TECHNOLOGIES. **Catálogo 51A-PT**. p. 164, 2014. Disponível em: https://www.teejet.com/CMSImages/TEEJET_PT/documents/catalogs/cat51a-pt.pdf. Acesso em: 30 jun. 2022.

VELLOSO, J. A. R. de O. *et al.* **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1984. 50 p. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/846533/tecnologia-de-aplicacao-de-defensivos-agricolas-com-pulverizadores-de-barra>. Acesso em: 27 jul. 2022.

VIANA, R. G. **Avaliação de pontas de pulverização sob diferentes condições operacionais**. 2006. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1837/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20pontas%20de%20pulveriza%C3%A7%C3%A3o%20sob%20diferentes%20condi%C3%A7%C3%B5es%20operacionais.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.

VITORIA, E. L. da. *et al.* Coeficiente de assimetria de Person como parâmetro de avaliação da uniformidade de distribuição de líquidos das pontas de pulverização hidráulicas de jato plano. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 222-229, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/coeficiente%20de%20assimetria.pdf>. Acesso em: 22 marc. 2023

VITÓRIA, E. L. da. *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de jato cônico vazio DDC2 novas e usadas. **Revista Agro@ambiente**, Boa vista, v. 8, n. 3, p. 368-376, 2014. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/1831>. Acesso em: 01 de ago. de 2022.

ZAMBIANCO, E. C. **Avaliação de qualidade de pulverização em plantas de**

tomate utilizando diferentes pontas. 2013. 78 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-16122013-165050/publico/Edmar_Casarin_Zambianco.pdf. Acesso em: 22 mar. 2023.