

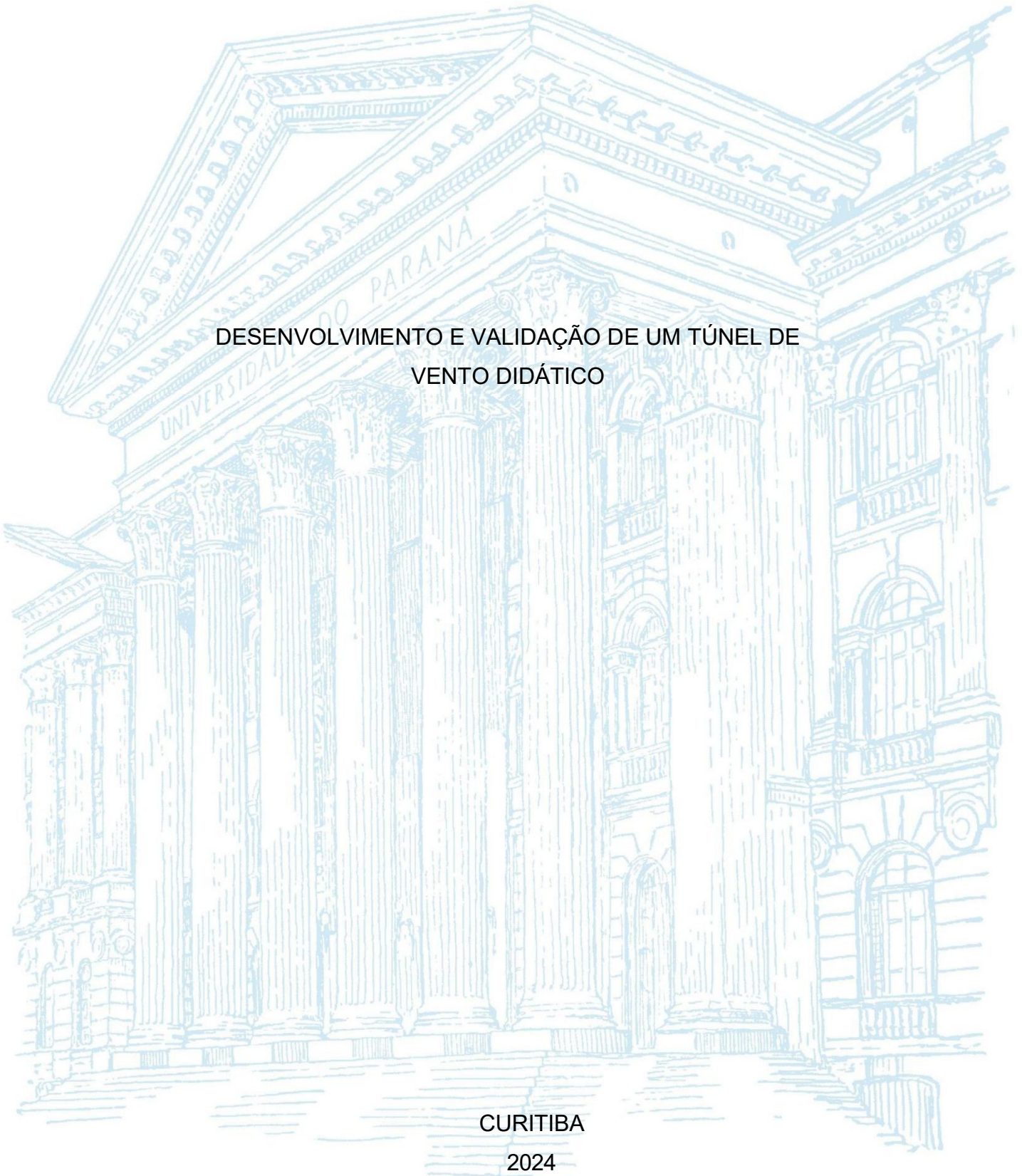
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CLEITON PASTÓRIO

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM TÚNEL DE
VENTO DIDÁTICO

CURITIBA

2024



CLEITON PASTÓRIO

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM TÚNEL DE
VENTO DIDÁTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Samir Paulo Jasper

CURITIBA

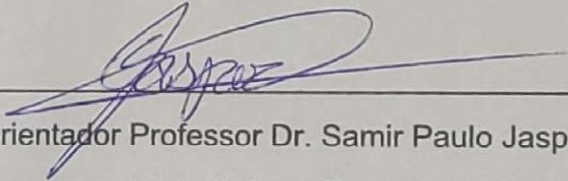
2024

TERMO DE APROVAÇÃO

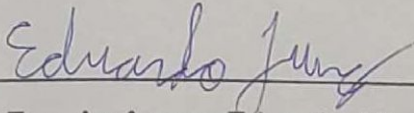
CLEITON PASTÓRIO

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM TÚNEL DE VENTO DIDÁTICO

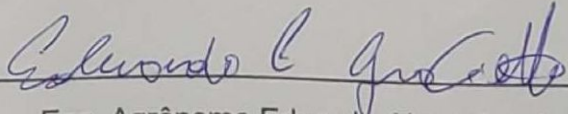
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Orientador Professor Dr. Samir Paulo Jasper
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias – UFPR



Eng. Agrônomo Eduardo Affonso Jung
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias - UFPR



Eng. Agrônomo Eduardo Alves Gracietti
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias - UFPR

Curitiba, 13 de dezembro de 2024

Dedico este trabalho a todos os profissionais do setor agrícola, cuja perseverança, expertise e labor incansável são indispensáveis para assegurar a segurança alimentar global. Sejam agricultores, engenheiros agrônomos, pesquisadores, extensionistas rurais ou outros especialistas que, de alguma forma, contribuem para o abastecimento de alimentos às populações, seu esforço e dedicação sustentam e nutrem o mundo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me dar forças durante a graduação e em todos os momentos da minha vida, principalmente nos de dificuldade.

À minha esposa, por todo companheirismo, apoio nas horas mais difíceis e amparo emocional nos conselhos me orientando para ser cada dia melhor.

Aos meus pais, Jandir e Elenita por me servirem de exemplo de honestidade e trabalho.

Aos meus irmãos Naiara e Mateus, que sempre estiveram próximos e acreditando no meu potencial.

Aos meus amigos, pela companhia, pelo incentivo e pelos momentos de descontração que me ajudaram a superar os momentos de tensão e estresse, Em especial Leonardo e Samuel que conheci nessa fase da vida e que serão para o resto dela.

Agradeço aos meus professores por transmitirem todo conhecimento e habilidades durante o curso. Em especial, ao meu orientador Samir Paulo Jasper, por sua dedicação, orientação e paciência ao longo do meu desenvolvimento na graduação. Seus conselhos e comentários foram essenciais para minha formação.

Por fim, agradeço a toda a equipe do LATA, que me ajudou em vários momentos com conhecimento na área não só da mecanização, mas com conhecimentos para a vida

RESUMO

A pulverização de agroquímicos e produtos biológicos é essencial na agricultura moderna para o controle eficaz de pragas e doenças. No entanto, a deriva, representa um desafio significativo, causando impactos ambientais e reduzindo a eficácia dos tratamentos. O uso de túneis de vento para simular e estudar a deriva é uma prática comum, pois permite a análise precisa e controlada do comportamento das gotas. O túnel de vento possibilita simular condições de campo, isolando variáveis e garantindo a replicabilidade dos experimentos.

Estudos mostraram que, para uma análise eficaz da deriva, é essencial assegurar a homogeneidade do fluxo de ar e considerar a influência de variáveis como a distância do ventilador e o uso de telas para reduzir vórtices. O desenvolvimento contínuo de tecnologias, como túneis de vento mais eficientes, é crucial para aprimorar as práticas de pulverização, aumentar a eficácia dos agroquímicos e reduzir os impactos ambientais, alinhando-se às tendências de maximização de rendimento com o menor uso de recursos.

O objetivo deste estudo foi a construção e validação de um túnel de vento. Para a execução, foram empregados um ventilador de 135W, barras de metalon, chapas galvanizadas, placas de acrílico, papelão colmeia e tela de nylon. As velocidades do vento foram medidas em três pontos distintos ao longo do túnel, em relação à distância da hélice do ventilador, com nove medições em cada ponto, utilizando-se um termo anemômetro para a coleta dos dados. As velocidades obtidas foram representadas por gráficos de calor através do software SigmaPlot, além de serem tabuladas e analisadas para compreender melhor a distribuição e homogeneidade do fluxo de ar no interior do túnel. Os resultados indicaram que, conforme esperado, o fluxo de ar apresentou maior homogeneidade no final do túnel; entretanto, a vazão do ar não atingiu níveis suficientes.

Palavras-chave: Deriva, fluxo de ar, validação

ABSTRACT

Spraying agrochemicals and biologicals is essential in modern agriculture for effective pest and disease control. However, drift poses a significant challenge, causing environmental impacts and reducing the effectiveness of treatments. The use of wind tunnels to simulate and study drift is a common practice, as it allows for the precise and controlled analysis of droplets behavior. The wind tunnel makes it possible to simulate field conditions, isolating variables and ensuring the replicability of the experiments.

Studies have shown that, for effective drift analysis, it is essential to ensure airflow homogeneity and consider the influence of variables such as fan distance and the use of screens to reduce vortices. The continued development of technologies, such as more efficient wind tunnels, is crucial to improve spraying practices, increase the effectiveness of agrochemicals and reduce environmental impacts, aligning with the trends of maximizing yield with the least use of resources.

The objective of this study was the construction and validation of a wind tunnel. A 135W fan, metalon bars, galvanized sheets, acrylic plates, honeycomb cardboard and nylon mesh were used for the execution. Wind speeds were measured at three different points along the tunnel, in relation to the distance from the fan blade, with nine measurements at each point, using a thermoanemometer to collect the data. The speeds obtained were represented by heat graphs using the SigmaPlot software, in addition to being tabulated and analyzed to better understand the distribution and homogeneity of the air flow inside the tunnel. The results indicated that, as expected, the air flow was more homogeneous at the end of the tunnel; however, it did not reach sufficient levels.

Keywords: Drift, air flow, validation

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A pulverização de agroquímicos e produtos biológicos é fundamental na agricultura contemporânea, pois permite o controle eficaz de pragas, doenças e plantas invasoras. A deriva está entre os principais problemas no uso de agroquímicos. A deriva ocorre quando as gotas pulverizadas se deslocam para lugares não destinados, o que pode prejudicar o meio ambiente, colocar em risco a saúde humana e diminuir a eficácia do tratamento.

Neste sentido, podem ser empregadas técnicas para mitigar esse problema e garantir a eficiência da pulverização. Para que essas estratégias sejam assertivas, é necessário compreender as características e comportamento dos fluidos utilizados na pulverização, o que permite avaliar a deriva (Jomantas et al., 2023).

A deriva pode ser avaliada por meio da análise das características físicas das gotas, da medição do fluxo de ar e da avaliação da distribuição das gotas em diferentes condições. Essas avaliações ajudam a criar estratégias de pulverização mais eficazes e duradouras (Liao et al. 2019).

Estudos em laboratório são realizados usando dispositivos como o túnel de vento para avaliar e compreender o comportamento da pulverização e da deriva. O objetivo desses dispositivos é isolar variáveis e aumentar a replicabilidade dos estudos. O túnel de vento oferece muitas vantagens, como a capacidade de simular condições de vento com controle e fazer análises precisas do comportamento das gotas pulverizadas. No entanto, a complexidade dos materiais e os processos construtivos criam limitações logísticas na construção e operação de túneis de vento (Carreño et al., 2022).

O túnel de vento foi usado por pesquisadores como Parkhurst et al. (1968) e Raupach et al. (1986) para estudar fenômenos como a convecção em plantas e a dispersão de calor em dosséis. Ao comparar seus resultados com modelos de micro meteorologia do dossel de plantas, Meyers et al. (1987) confirmaram a eficácia do túnel de vento.

A versatilidade do túnel de vento também se expande para estudos de volatilização de substâncias, conforme Loubet et al. (1999), e exploração de coeficientes de arrasto, conforme Guan et al. (2003). Saha et al. (2011) demonstraram o impacto do volume da câmara na velocidade do ar e na concentração de gases, enfatizando a importância das características construtivas dos túneis de vento.

Os resultados devem ser transferidos para situações reais, o que é garantido pela adesão aos critérios de similaridade, que garantem que os estudos sejam aplicáveis a situações reais.

O túnel de vento é um componente essencial do aprimoramento da tecnologia de

aplicação agrícola. A ferramenta pode ser usada em pesquisas que comparam tipos e concentrações de adjuvantes em relação ao índice potencial de deriva (DIX), na avaliação da performance de pontas, considerando a deposição de gota, estudando a deposição de gota em diferentes velocidades de vento, permitindo adequação da velocidade operacional, e na criação de modelos computacionais para previsão de deriva (Hu et al., 2022).

Atualmente, o foco da pesquisa é o controle e a eficácia das aplicações de produtos fitossanitários. Neste sentido, a compreensão de como a deriva pode ser reduzida é crucial, pois isso resultará em um produto mais eficiente e menor impacto ambiental (Wang et al., 2023).

Neste contexto, o objetivo deste estudo é o desenvolvimento e validação de um túnel de vento didático de ciclo aberto, com uma seção de teste fechada. Este equipamento permitirá a realização de experimentos para analisar o comportamento da pulverização, à deriva e a eficácia de diferentes técnicas de mitigação. A construção do túnel de vento envolveu a seleção adequada de materiais e métodos construtivos, levando em consideração as implicações técnicas e os requisitos de medição e análise de dados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O túnel de vento é uma ferramenta capaz de gerar e controlar correntes de ar, sendo utilizado para simular fluxos em diferentes entidades, mensurar o efeito desses fluxos e observar o fenômeno. O dispositivo replica as condições de campo, tendo como vantagens a facilidade no controle da velocidade do vento e em relação às demais variáveis de interesse.

As condições experimentais do túnel de vento reduzem a dificuldade em avaliar fatores influenciados por mudanças temporais no campo. Estas características explicam a ampla utilização da ferramenta na literatura.

Parkhurst et al. (1968) desenvolveram um método para calcular coeficientes de convecção na parte aérea de soja. No qual empregaram o túnel como suporte experimentação na validação da metodologia desenvolvida.

Raupach et al. (1986) utilizaram o túnel de vento para realização de experimentos relacionados à dispersão escalar em dosséis de planta, onde discorreram sobre a dispersão de calor nas espécies de lavoura.

Meyers et al. (1987) trabalharam com desenvolvimento de modelo para compreensão da micro meteorologia do dossel de plantas. Através da verificação dos resultados em túnel de vento, constataram boa concordância entre o túnel de vento e a modelagem.

Estudos que avaliaram a volatilização de substâncias, como amônia, também empregaram o equipamento. Loubet et al. (1999) realizaram cálculos de fluxo de gases com técnicas que demandavam o túnel de vento, em razão da possibilidade de controle de fluxo e mistura de ar.

Guan et al. (2003), com o intuito de explorar coeficiente de arrasto e efeito de proteção contra o vento, empreenderam estudos com túneis de vento. A instrumentação destes equipamentos permitiu mensurar o fenômeno de forma direta.

Em relação às características construtivas de túneis de vento, Saha et al. (2011) avaliaram o efeito do volume da câmara, seção interna, na velocidade do ar, concentração e estimativa de emissão de amônia. Os equipamentos foram associados à dinâmica computacional de fluidos. Os autores constataram que o tamanho influenciou as variáveis analisadas.

Desta forma fica evidente a importância e versatilidade que os túneis de vento possuem. A ferramenta proporciona estudos em ambiente com condições controladas, onde as variáveis podem ser isoladas para que o entendimento dos fenômenos seja

facilitado. Entretanto, é fundamental que haja transferibilidade em estudos desta natureza, ou seja, os resultados atingidos devem ser adequados para aplicações em situações reais.

A transferibilidade é possibilitada quando há semelhança entre as escalas, o que é garantido pela qualidade dos critérios de similaridades. Estes são válidos em função da qualidade dos parâmetros avaliados e, conseqüentemente, da instrumentação (Gromke et al., 2011).

O túnel de vento desempenha papel fundamental no aprimoramento da tecnologia de aplicação na agricultura. A ferramenta pode ser empregada em estudos que comparam tipos e concentrações de adjuvantes, em relação ao índice potencial de deriva (DIX), na avaliação de performance de pontas, considerando deposição de gota, para estudar deposição de gota em diferentes velocidades de vento, possibilitando adequação da velocidade operacional e na elaboração de modelos computacionais para previsão de deriva (Hu et al., 2022)

Atualmente as pesquisas focam, principalmente, em controle e eficiência das aplicações de produtos fitossanitários. Neste sentido, se busca compreender como a deriva pode ser reduzida, o que implica em aumento de eficiência dos produtos e redução do impacto ambiental (Wang et al., 2023). O que está de acordo com a tendência de maximizar o rendimento das culturas com o menor uso de recursos.

Aplicações sem vento, são tão prejudiciais como aquelas, efetuadas com velocidades de ventos acima de 10 km/h. A condição mais segura para se pulverizar é com um vento constante de 3,2 a 6,5 km/h, que corresponde a uma brisa leve caracterizada pelo vento perceptível na face, mas capaz de movimentar apenas levemente as folhas (DE AZEVEDO, F. R.; FREIRE, FDCO.,2006).

Estes recursos podem ser de âmbito local como o solo, a água e a luz, ou importados como as sementes, os fertilizantes e os agroquímicos. Independentemente de serem locais ou não, estes recursos devem ser utilizados de forma racional para que a exploração não caracterize um desperdício de recursos, não antecipe sua escassez e não eleve custos de produção.

A pulverização de agroquímicos e produtos biológicos desempenha um papel crucial na agricultura moderna, permitindo o controle eficiente de pragas, doenças e plantas invasoras. A aplicação de agroquímicos enfrenta diversos desafios, sendo a deriva um dos problemas mais representativos.

A deriva ocorre quando as gotas pulverizadas se deslocam para áreas não alvo, podendo causar danos ambientais, riscos à saúde humana e redução da eficácia do tratamento. Nesse sentido, são necessárias técnicas adequadas para mitigar este problema e garantir a eficiência da pulverização (Jomantas et al., 2023).

O entendimento da teoria da gota é fundamental para garantir a eficácia do tratamento e reduzir a deriva. A forma, o tamanho e a distribuição das gotas influenciam diretamente a penetração e a cobertura do alvo, bem como o risco de deriva para áreas não desejadas. Esta teoria permite compreender os fenômenos envolvidos no comportamento da calda aplicada. Por exemplo, gotas muito pequenas têm maior probabilidade de serem transportadas pelo vento, enquanto gotas grandes podem não atingir a área alvo de maneira eficiente (Li et al., 2022).

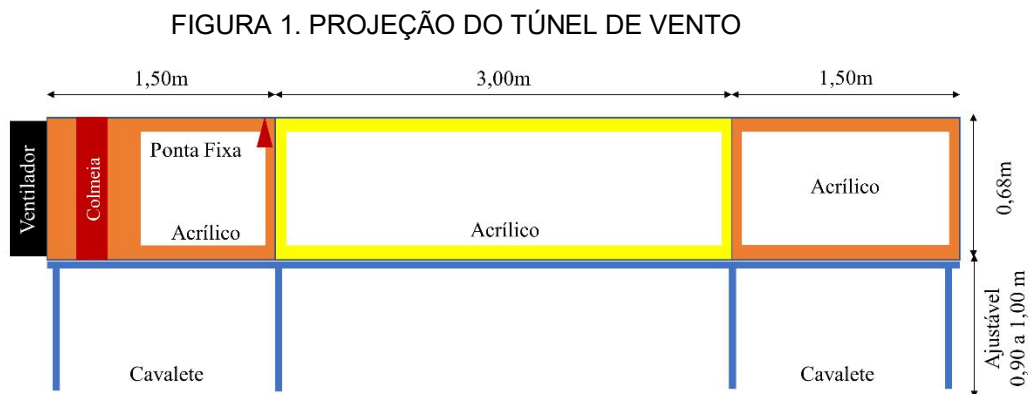
Para avaliar e compreender o comportamento da pulverização e à deriva, são realizados estudos em laboratório utilizando dispositivos como o túnel de vento, que tem como propósito isolar as variáveis e aumentar a replicabilidade dos estudos. O túnel de vento oferece vantagens significativas, permitindo a simulação controlada de condições de vento e a análise precisa do comportamento das gotas pulverizadas. No entanto, há limitações logísticas associadas à construção e operação de túneis de vento, como a complexidade dos materiais e métodos construtivos (Carreño et al., 2022).

O estudo do comportamento de fluidos é fundamental para compreender a pulverização e à deriva. Diferentes metodologias são utilizadas para avaliar a deriva, incluindo a análise das características físicas das gotas, a medição de fluxo de ar e a avaliação da distribuição de gotas em diferentes condições. Essas avaliações fornecem informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de pulverização mais eficientes e sustentáveis (Liao et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades gerais do trabalho e a construção do túnel de vento foram realizadas no Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA), pertencente ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

O projeto inicial considerou a possibilidade de construir um túnel de vento (Figura 1) com circuito aberto e uma seção de teste fechada. Essa escolha foi motivada pela busca pela facilidade de manobrabilidade e coleta de dados, assim como a acessibilidade na visualização dos testes.



Fonte: O autor (2024).

O túnel de vento possui as dimensões que totalizam 600 cm de comprimento, 56 cm de largura e 64 cm de altura. Para sua estruturação, foram empregadas barras de metalon com seções de 2 x 2 cm e 2 x 3 cm, além de chapas galvanizadas com 0,43 mm de espessura e placas de acrílico com 3 mm de espessura. O túnel é subdividido em três partes distintas: a primeira e a terceira seções possuem 150 cm de comprimento cada, enquanto a segunda seção tem 300 cm de comprimento.

Para induzir o fluxo de ar dentro do túnel, foi utilizado o ventilador de seis pás, com 50 cm de diâmetro e uma potência de 135 Watts (marca Ventisol®) ligados em uma tensão de 220 volts.

Após o sistema de ventilação, foram realizados testes utilizando nenhuma até cinco colmeias com ou sem uso de uma dupla camada de tela de mosquiteiro, a tela (FIGURA 2) foi fixada a 14 cm das pás do ventilador, e as colmeias (FIGURA 3) na sequência, as colmeias são de papelão, utilizadas em preenchimento de portas residenciais, cada uma com células de 5 cm² de diâmetro e 2,5 cm de comprimento, sendo estas cobertas com tinta spray da cor preta com o propósito de proteção contra

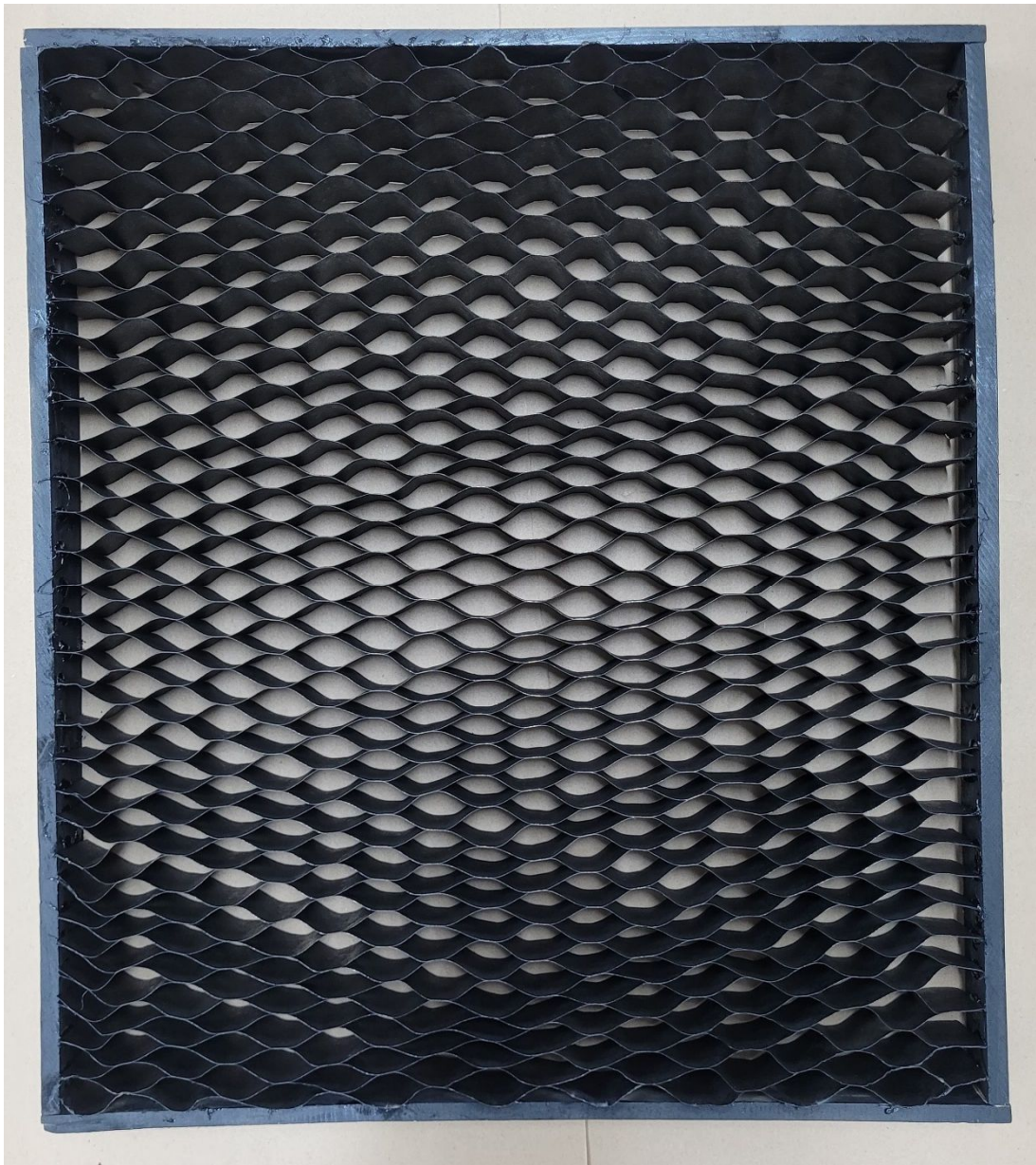
umidade e menor atrito com o vento.

FIGURA 2: TELA



Fonte: Autor, 2024

FIGURA 3: COLMEIA

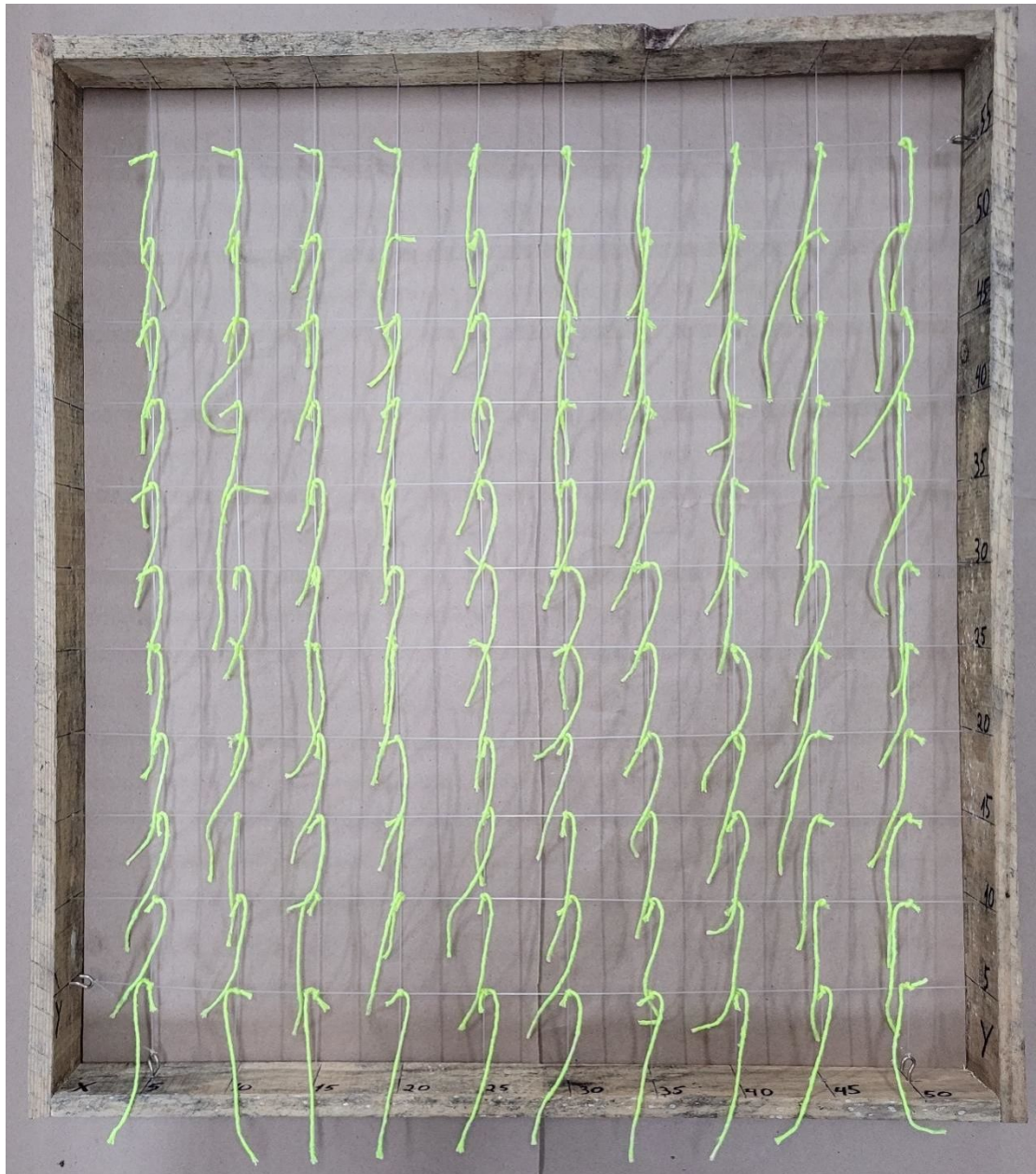


Fonte: Autor, 2024

A tela tem a função de reduzir ao máximo a vórtice causada pelo movimento das hélices do ventilador, já as colmeias têm como função converter o fluxo de ar turbulento em um fluxo laminar, assegurando a homogeneidade em toda a área de teste.

Com intuito de validação do túnel de vento, foram realizados ensaios para definição da velocidade e comportamento do fluxo de ar. Foram confeccionados três quadros (FIGURA 4) com dimensões de 56(l) x 64(h) cm, nesses quadros, foram passados fios de nylon 0,50 mm a cada 5 cm em ambos os sentidos, formando um quadro com 132 quadrados de 25 cm². Fixaram-se barbantes com 10cm de comprimento nos pontos de interseção dos fios de nylon, totalizando 110 pontos com barbante por quadro.

FIGURA 4. QUADRO



Fonte: Autor, 2024

Foram coletadas as velocidades do fluxo de ar utilizando um termo anemômetro (Thermo Anemometer AKSO® AK800) a uma temperatura de 21,7°C em nove pontos dentro de cada quadro. Os pontos de coleta foram definidos imaginando um eixo X (largura) e um eixo Y (altura), sendo o eixo X composto pelas seguintes marcações 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm e 50 cm, e o eixo Y composto pelas seguintes marcações 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm e 55 cm.

Os pontos de coleta foram nas interseções com valores de X e Y respectivamente 10 e 10; 10 e 30; 10 e 55; 30 e 10; 30 e 30 (FIGURA 5); 30 e 55; 50

e 10; 50 e 30; 50 e 55 (FIGURA 6). O primeiro quadro ficou a 125 cm do ventilador, o segundo quadro ficou a 305 cm do ventilador e o terceiro quadro ficou a 465 cm do ventilador.

FIGURA 5: MEDIÇÃO VELOCIDADE DO VENTO PONTO X30Y30



Fonte: Autor, 2024

FIGURA 6: MEDIÇÃO VELOCIDADE DO VENTO PONTO X50Y55



Fonte: Autor, 2024

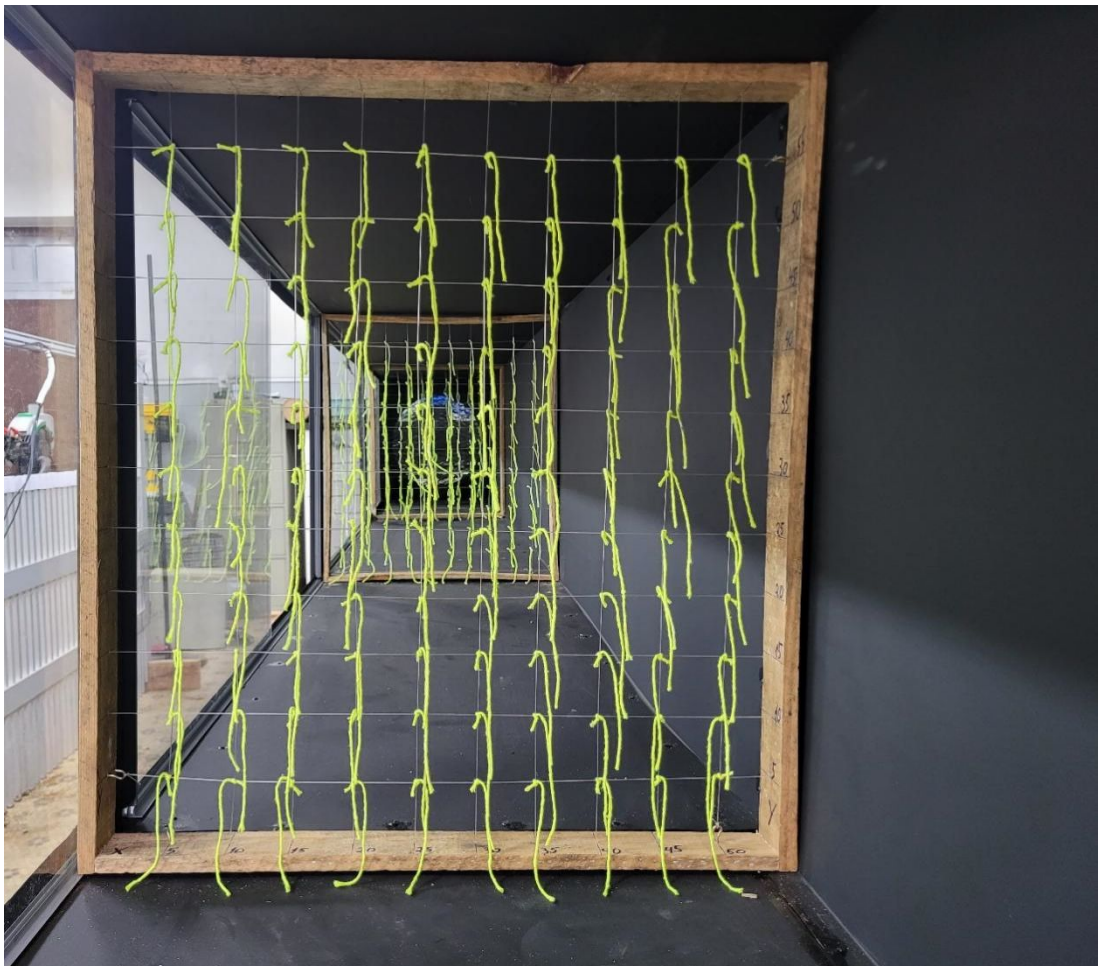
Avaliou-se visualmente a homogeneidade do fluxo de ar (FIGURA 7) pelo comportamento apresentado pelos barbantes fixados no fio de nylon.

FIGURA 7: HOMOGENEIDADE DO FLUXO DE AR



Fonte: Autor, 2024

FIGURA 8: QUADROS DISPOSTOS NO INTERIOR DO TUNEL



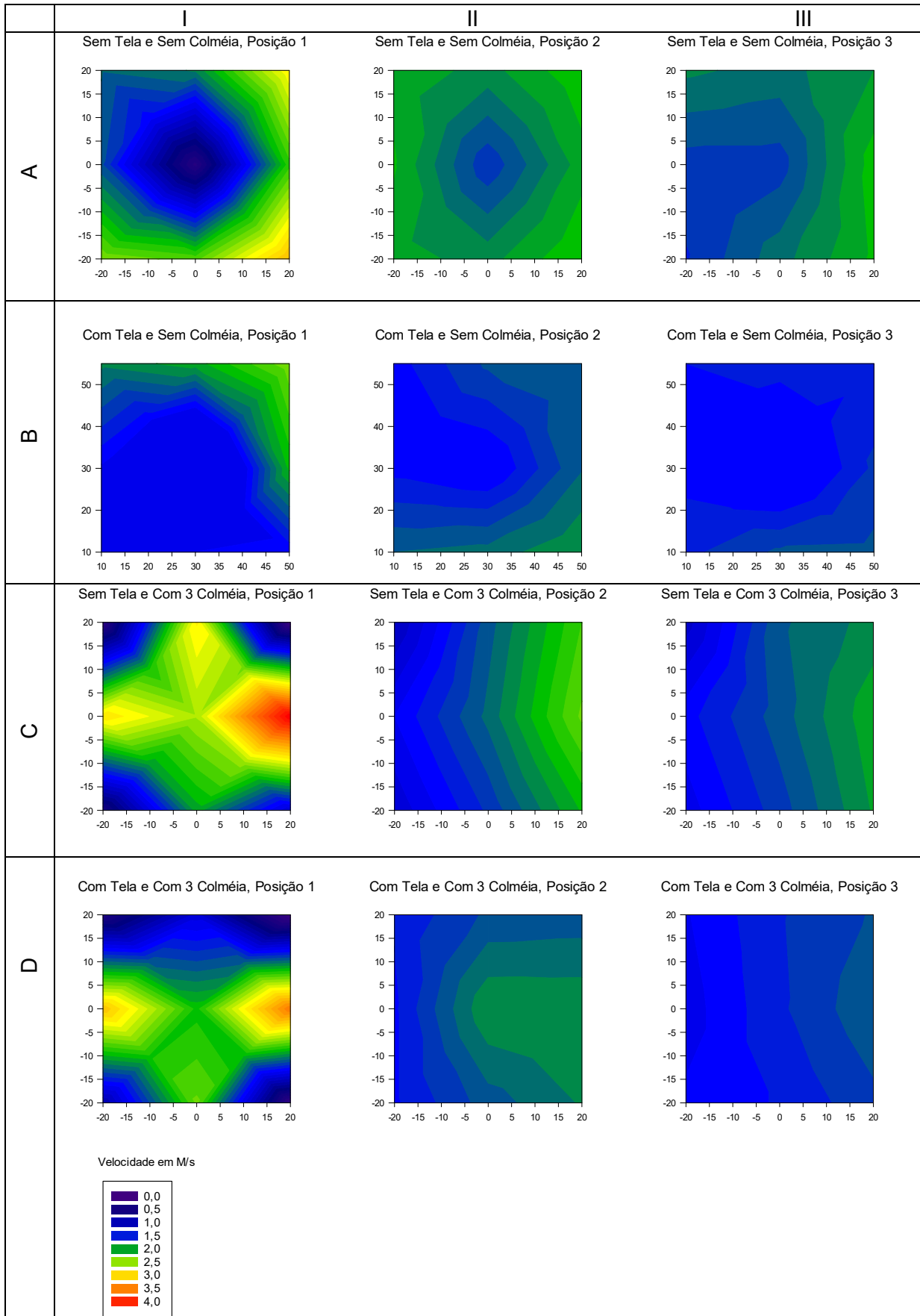
Fonte: Autor, 2024

Os dados de velocidade do vento foram tabulados e dispostos em planilha eletrônica. Posteriormente, foi utilizado o programa SigmaPlot® para elaboração de mapas de calor, com intuito de facilitar a compreensão do comportamento do fluxo de ar dentro do túnel de vento.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Na tabela 1, estão dispostos os mapas de calor em função dos tratamentos e das posições dentro do túnel de vento. Sendo que as letras determinam os tratamentos e os números as posições. A - Sem tela e sem colmeia; B - Com Tela e sem colmeia; C - Sem tela com três colmeias; D - Com Tela com três colmeias. I - Primeira posição; II - Segunda posição; III - Terceira posição.

TABELA 1



Na tabela 2, estão dispostos os dados coletados e calculados.

Tabela 2

Sem Tela sem comeias									
QUADRO 1 (125cm)			QUADRO 2 (305cm)			QUADRO 3 (465cm)			
x (l)	y (h)	VV (m/s)				x (l)	y (h)	VV (m/s)	
10	55	2.38	0.26	Minimo		10	55	1.94	1.52
30	55	2.25	3.12	Maximo		30	55	1.86	2.1
50	55	3.12	2.01111	Média		50	55	2.1	1.92111
10	30	1.62	40.86%	CV%		10	30	2.01	8.96%
30	30	0.26	0.67526	Variancia		30	30	1.52	0.02964
50	30	2.16	0.82174	Desvio Padrão		50	30	1.95	0.17215
10	10	1.71				10	10	1.97	
30	10	1.81				30	10	1.86	
50	10	2.79				50	10	2.08	
Com tela sem comeias									
QUADRO 1			QUADRO 2			QUADRO 3			
x (l)	y (h)	VV (m/s)				x (l)	y (h)	VV (m/s)	
10	55	1.83	0.39	Minimo		10	55	1.35	1.27
30	55	1.95	2.37	Maximo		30	55	1.62	1.9
50	55	2.37	1.52667	Média		50	55	1.68	1.59
10	30	1.28	38.29%	CV%		10	30	1.38	13.39%
30	30	0.39	0.3417	Variancia		30	30	1.27	0.04533
50	30	2.02	0.58455	Desvio Padrão		50	30	1.69	0.2129
10	10	1.28				10	10	1.7	
30	10	1.3				30	10	1.74	
50	10	1.32				50	10	1.9	
Sem tela 3 comeias									
QUADRO 1			QUADRO 2			QUADRO 3			
x (l)	y (h)	VV (m/s)				x (l)	y (h)	VV (m/s)	
10	55	0.41	0	Minimo		10	55	1.12	0.99
30	55	1.95	4.19	Maximo		30	55	1.52	2.38
50	55	1.1	1.78111	Média		50	55	2.01	1.64869
10	30	2.88	81.14%	CV%		10	30	1.3	28.31%
30	30	2.51	2.08856	Variancia		30	30	1.73	0.21791
50	30	4.19	1.44519	Desvio Padrão		50	30	2.32	0.46661
10	10	0.18				10	10	0.99	
30	10	2.81				30	10	1.65	
50	10	0				50	10	2.2	
Com tela 3 comeia									
QUADRO 1			QUADRO 2			QUADRO 3			
x (l)	y (h)	VV (m/s)				x (l)	y (h)	VV (m/s)	
10	55	0.88	0	Minimo		10	55	1.38	1.38
30	55	2.32	3.49	Maximo		30	55	1.65	1.89
50	55	0.13	1.49111	Média		50	55	1.81	1.62889
10	30	3.08	87.04%	CV%		10	30	1.38	12.59%
30	30	2.06	1.68439	Variancia		30	30	1.89	0.04206
50	30	3.49	1.29784	Desvio Padrão		50	30	1.88	0.20509
10	10	0.32				10	10	1.41	
30	10	1.14				30	10	1.62	
50	10	0				50	10	1.64	

Fonte: Autor, 2024

Observou-se no primeiro quadro (distante 125 cm do ventilador), independentemente do tratamento, a velocidade é maior do vento, porém em contrapartida, não há homogeneidade no fluxo de ar, tendo como velocidade do vento medida, o valor 0 m/s como mínima e 4,19 m/s (metros por segundo) de máxima considerando os quatro tratamentos, o que indica uma grande variação do mesmo. Observou-se também, analisando os dados da Tabela 2, que onde o coeficiente de variação (CV%) foi menor foi no tratamento com a tela e sem colmeia, mesmo assim, o valor observado foi superior a 38%, não sendo apropriado para realização de coletas de dados para estudos de deriva. Isso ocorre pelo motivo da proximidade com a hélice do ventilado, não dando espaço para homogeneização do fluxo de ar.

No Segundo Quadro (distante 305 cm do ventilador), pode-se observar uma tendencia a uniformizar o fluxo de ar, e nessa distancia foi onde se obteve o menor coeficiente de variação (8,96%) no tratamento sem tela e sem colmeia e que a

velocidade do vento tende a crescer do centro para as laterais. As velocidades medidas tem o valor 0,99m/s como mínima e 2,32m/s (metros por segundo) de máxima considerando os quatro tratamentos. Observou-se também, no tratamento sem tela e com as colmeias o coeficiente de variação teve seu maior valor, superando os 28%.

Os resultados com melhor média de coeficiente de variação, foram observados no ultimo e o mais distante quadro (distante 465 cm do ventilador), as velocidades medidas tem o valor 1,05m/s como mínima e 2,05m/s (metros por segundo) de máxima considerando os quatro tratamentos, o menor coeficiente de variação foi observado no tratamento com tela e sem colmeia, com valor de 9,83%. Porem a velocidade do fluxo de ar na potência máxima do ventilador não passou dos 2,05 metros por segundo (7,38km/h), sendo que para realizações de testes de deriva, são desejados valores com fluxo homogêneo superiores a 2,2 m/s para que possamos avaliar os efeitos causadores de deriva.

Observou-se também que o uso da tela, com intuito de reduzir o vórtice, é de extrema importância quando se deseja atingir um fluxo homogêneo.

O uso de colmeia auxilia na conversão do fluxo de ar de turbulento para um fluxo linear, porem observou-se que a curta distância, as mesmas concentram o fluxo na proporção do diâmetro da hélice do ventilador.

Outra observação é que a tendência de homogeneidade do fluxo de ar variou significativamente de acordo com a distância entre hélice e o local de coleta de dados.

Como sugestão para trabalhos futuros, deve-se aumentar a área destinada a homogeneizar o fluxo de ar, utilizar um ventilador de maior potência e o diâmetro da hélice deve ser de no mínimo 84cm (para o túnel em teste) e o centro da hélice deve ser o menor possível, também sugere-se confeccionar outra colmeia com maior uniformidade para novos testes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que o uso de telas com intuito de eliminar o vórtice causado pelas pás do ventilador é indispensável. Os melhores pontos para a avaliação de deriva ocorrem a partir dos 305cm de distância do ventilador sem a tela e sem a colmeia, porém resultados mais homogêneos são observados a partir dos 465cm de distância do ventilador e com o uso da tela e sem colmeia. A velocidade alcançada pelo ventilador não foi satisfatória, sendo assim não foram rodadas análises clássicas de teste de média e não chegando em condições favoráveis para validação do túnel de vento.

REFERÊNCIAS

CARREÑO RUIZ, Manuel et al. Numerical analysis and wind tunnel validation of droplet distribution in the wake of an unmanned aerial spraying system in forward flight. **Drones**, v. 6, n. 11, p. 329, 2022.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta daninha**, v. 21, p. 325-332, 2003.

DE AZEVEDO, F. R.; FREIRE, FDCO. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza CE. Documento 102, p. 31, 2006.

GROMKE, Christof. A vegetation modeling concept for building and environmental aerodynamics wind tunnel tests and its application in pollutant dispersion studies. **Environmental pollution**, v. 159, n. 8-9, p. 2094-2099, 2011.

GUAN, Dexin; ZHANG, Yushu; ZHU, Tingyao. A wind-tunnel study of windbreak drag. **Agricultural and forest meteorology**, v. 118, n. 1-2, p. 75-84, 2003.

HU, Peng et al. Development status and key technologies of plant protection UAVs in China: a review. **Drones**, v. 6, n. 11, p. 354, 2022.

JOMANTAS, Tadas et al. The influence of newly developed spray drift reduction agents on drift mitigation by means of wind tunnel and field evaluation methods. **Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 349, 2023.

LI, Longlong et al. Spray drift characteristics of pulse-width modulation sprays in wind tunnel. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 15, n. 4, p. 7-15, 2022.

LIAO, Juan et al. Development of droplet characteristics prediction models for air induction nozzles based on wind tunnel tests. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 12, n. 6, p. 1-6, 2019.

LOUBET, Benjamin et al. An evaluation of the wind-tunnel technique for estimating ammonia volatilization from land: Part 1. Analysis and improvement of accuracy. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, n. 1, p. 71-81, 1999.

MEYERS, Tilden P. et al. Modelling the plant canopy micrometeorology with higher-order closure principles. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 41, n. 1-2, p. 143-163, 1987.

PRECIPITO, Laís MB et al. Use of the test bench for spray drift assessment under subtropical climate conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 223-229, 2022.

RAUPACH, M. R.; COPPIN, P. A.; LEGG, B. J. Experiments on scalar dispersion within a model plant canopy part I: The turbulence structure. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 35, p. 21-52, 1986.

SAHA, Chayan Kumer et al. Assessing effect of wind tunnel sizes on air velocity and concentration boundary layers and on ammonia emission estimation using computational fluid dynamics (CFD). *Computers and electronics in agriculture*, v. 78, n. 1, p. 49-60, 2011.

STIGTER, Cornelis Johan. **Leaf diffusion resistance to water vapour and its direct measurement: Introduction and review concerning relevant factors and methods**. Veenman, 1972.

WANG, Guobin et al. Evaluation of spray drift of plant protection drone nozzles based on wind tunnel test. **Agriculture**, v. 13, n. 3, p. 628, 2023.