

2025

Metodologia para determinação de deriva em diferentes alturas de barra e velocidades do vento com pontas de pulverização de jato cônico

Motta, Ana Beatriz de Oliveira

Universidade Estadual do Norte do Paraná

MOTTA, Ana Beatriz de Oliveira. Metodologia para determinação de deriva em diferentes alturas de barra e velocidades do vento com pontas de pulverização de jato cônico.

Orientador: Rone Batista de Oliveira. 2025. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2025.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/849>

Baixado de Repositório Institucional UENP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM AGRONOMIA

ANA BEATRIZ DE OLIVEIRA MOTTA

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE DERIVA EM
DIFERENTES ALTURAS DE BARRA E VELOCIDADES DO VENTO
COM PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO CÔNICO**

BANDEIRANTES/PR

2025

ANA BEATRIZ OLIVEIRA MOTTA

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE DERIVA EM
DIFERENTES ALTURAS DE BARRA E VELOCIDADES DO VENTO
COM PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO CÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Agronomia, da Universidade Estadual do
Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira

Ficha catalográfica elaborada na Biblioteca do *Campus* “Luiz Meneghel”, vinculada ao Sistema de Bibliotecas Universitárias da Universidade Estadual do Norte do Paraná

(SBU-UENP)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M921m Motta, Ana Beatriz de Oliveira.
Metodologia para determinação de deriva em diferentes alturas de barra e velocidades do vento com pontas de pulverização de jato cônico / Ana Beatriz de Oliveira Motta. – 2025.
[114 f.] : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* “Luiz Meneghel”, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2025.
Inclui bibliografia.

1. Fatores meteorológicos - Dissertação. 2. Delineamento experimental - Dissertação. 3. Pulverização (altura de barra) - Dissertação. 4. Pulverização (deslocamento do jato) - Dissertação. 5. Aplicação de pesticidas . I. Oliveira, Rone Batista de. II. Universidade Estadual do Norte do Paraná. Campus Luiz Meneghel. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

CDD: 631 (22.ed.)

Bibliotecário Elisio Custodio Brentan Junior (CRB-9/1955)

ANA BEATRIZ OLIVEIRA MOTTA

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE DERIVA EM
DIFERENTES ALTURAS DE BARRA E VELOCIDADES DO VENTO
COM PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO CÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Agronomia, da Universidade Estadual do
Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira

Aprovada em: 27/02/2025

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira	UENP
Prof. Dr. Valdir Lopes	UENP
Prof. Dr. Guilherme Sousa Alves	JACTO S/A
Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo	UENP
Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa	UNIOESTE

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

DEDICATÓRIA

A todas as cientistas: Marie Curie, Rosalind Franklin, Ada Lovelace, Jane Goodall, Rachel Carson, Katherine Johnson, Jaqueline Goes de Jesus, Hedy Lamarr, Bertha Lutz, Graziela Maciel Barroso.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a todos aqueles que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Em especial, agradeço aos meus pais, José Carlos da Motta e Maria de Lourdes Oliveira Motta. Sem o apoio de vocês, eu jamais teria conseguido realizar todas as minhas conquistas. Sem o amor de vocês, eu não conheceria o verdadeiro significado do amor incondicional. Sem os seus cuidados, eu não teria aprendido a cuidar sem esperar nada em troca. Sem vocês, eu seria tão pouco. Obrigada por me ensinarem tanto e por me fazerem ser mais! Sou imensamente grata por ter a sorte de ter vocês na minha vida, sempre lutando – e ainda lutando – para tornar nossos sonhos realidade. Esta conquista é, sem dúvidas, também de vocês! E aos meus irmãos Whelinton e Whendel e a toda a família, pelo apoio e aprendizagem.

Agradeço aos meus amigos por todo acompanhamento da minha trajetória e palavras não bastam para descrever o amor por vocês, amo cada um de vocês galera que me acompanharam mesmo EaD.

Agradeço a República Tatu Girano que sempre foi meu lar, me proporcionou momentos de alegrias. Da qual me possibilitou desenvolver amizades com laços de carinho.

Aos meus amigos no NITEC, que me forneceram informações valiosas e me ajudaram na realização deste trabalho e fez com que ele fosse possível, principalmente aqueles que queimaram o ombrinho no sol, em especial ao Matheus Castanho, pois foi a dupla encarregada desse trabalho, a tal estrutura piramidal, que desde o início participou gradativamente desse projeto e me ajudou chegar aos resultados que está presente nesse trabalho.

Obrigado a todos por tornarem esta jornada possível e por me ajudarem a alcançar meus objetivos, desde a graduação, durante esses anos em Bandeirantes. Serei sempre grata por suas contribuições e apoio, a todos que acompanharam e possibilitaram esse momento, UENP, Centro de Ciências Biológicas (Turma XXV) e Ciências agrárias, ao Programa de Mestrado em Agronomia a todos os docentes, discentes e funcionários. Aos professores, Laila Herta, Silvio, Eurípides, Sgarbi, Diego Pardal.

A minha psicóloga Gabriela Almeida, que me acompanhou nos momentos difíceis e me aconselhou.

Por fim, mas não menos importante, quero expressar minha sincera gratidão ao meu orientador professor Dr. Rone Batista de Oliveira. Desde o projeto de extensão, que despertou em mim o desejo de ingressar no mestrado sob sua orientação, sempre deu suporte para a realização dos projetos e acreditou no meu potencial para a resolução dos mesmos. As trocas de ideias e os momentos de aprendizagem foram fundamentais para a concretização deste trabalho. Sua experiência me permitiu ampliar meus conhecimentos na área e me aperfeiçoar profissionalmente. Onde irei continuar a trilhar o caminho da ciência e pesquisa, mesmo sendo um caminho difícil.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço aos membros da banca examinadora!

Obrigada a todos por mais uma conquista!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Tecnologia de aplicação de fitossanitários	19
2.2 Deriva na pulverização agrícola.....	20
2.2.1 Endoderiva	21
2.3 Método de teste de deriva de pulverização	23
2.4 Pontas de pulverização e pressão de trabalho	25
2.4.1 Projeção do jato cônico	26
2.5 Altura da barra de pulverização	27
2.6 Oscilação da barra de aplicação	28
2.6.1 Sobreposição	31
2.7 Condições meteorológicas	32
2.7.1 Velocidade e direção do vento.....	33
2.7.2 Temperatura e umidade relativa do ar	35
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Caracterização do ambiente experimental	36
3.2 Avaliação da vazão das pontas de pulverização.....	40
3.3 Diâmetro da projeção do jato de pulverização.....	41
3.3.1 Análise do deslocamento do volume	43
3.4 Delimitação da estrutura do experimento	44
3.5 Banco de dados das condições meteorológicas	48
3.6 Coleta do volume aplicado	51
3.7 Análise estatísticas	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 Condições meteorológicas	53
4.2 Análise da Correlação de Pearson em relação as condições meteorológicas e o volume coletado	54
4.2.1 Análise da regressão em relação à altura da barra e volume deslocado do jato de pulverização	57
4.2.2 Análise de Componentes	60
4.2.3 Agrupamento hierárquico da influência da altura da barra de pulverização e das condições meteorológicas	62
4.3 Análises separadas das alturas da barra de pulverização em relação a velocidade e direção do vento.....	63
4.3.1 Altura da barra de pulverização em 0,25 m.....	63

4.3.2	Análise da distribuição do vento	65
4.4	Altura da barra de pulverização em 0,50 m	67
4.4.1	Análise da distribuição do vento	68
4.4.2	Altura da barra de pulverização em 0,50 m.....	70
4.4.3	Análise da distribuição do vento	71
4.4.4	Altura da barra de pulverização em 0,50 m	72
4.4.5	Análise da distribuição do vento	73
4.5	Altura da barra de pulverização em 0,75 m	74
4.5.1	Análise da distribuição do vento	76
4.6	Altura da barra de pulverização em 1,00 m	77
4.6.1	Análise da distribuição do vento	78
4.6.2	Altura da barra de pulverização em 1,00 m.....	80
4.6.3	Análise da distribuição do vento	81
4.7	Altura da barra de pulverização em 1,25 m	82
4.7.1	Análise da distribuição do vento	83
4.8	Altura da barra de pulverização em 1,50 m	84
4.8.1	Análise da distribuição do vento	85
4.8.2	Altura da barra de pulverização em 1,50 m.....	87
4.8.3	Análise da distribuição do vento	88
4.8.4	Altura da barra de pulverização em 1,50 m.....	89
4.8.5	Análise da distribuição do vento	90
5	CONCLUSÃO.....	92
	REFERÊNCIAS93
	ANEXO.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação geográfica da localização do ambiente experimental e ampliação da visualização da instalação da estrutura piramidal no campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Motta, A. B O. (2024).....	37
Figura 2. Equipamento ponta de pulverização JCI 8001, Máquinas Agrícolas Jacto AS, Pompéia, São Paulo, Brasil. Fonte: Catálogos de pontas de pulverização Jacto, 2023.....	38
Figura 3. Modelo do pulverizador Condor 600 [®] , Máquinas Agrícolas Jacto SA, Pompeia, São Paulo, Brasil (A) e Modelo de manômetro, Magno Jet Indústria Ltda, Ibaiti, Paraná, Brasil (B). Foto: Motta, A. B O. (2024).....	38
Figura 4. Visualização do suporte adicional acoplado ao braço da barra de pulverização com suas dimensões de acordo com o modelo da barra de pulverização do Condor 600 [®] , Máquinas Agrícolas Jacto SA, Pompeia, São Paulo, Brasil. Foto: Motta, A. B O. (2024).....	39
Figura 5. Visualização da ordem das ponta para a coleta da vazão. Foto: Motta, A. B O. (2024).	39
Figura 6. Modelo da estrutura para ajuste da altura da barra de pulverização. Foto Motta, A. B O. (2024).....	40
Figura 7. Representação da estrutura piramidal com o ângulo da projeção do jato na altura da barra de pulverização, correspondente a 0,25 (T1), 0,50 (T2), 0,75 (3), 1,00 (T4), 1,25 (T5) e 1,50 (T6) m, com espaçamento entre pontas de 0,50 m. Foto: NITEC, Bandeirantes, Paraná, Brasil, (2024).....	43
Figura 8. Representação completa da estrutura piramidal com todos os módulos de acordo com o ângulo da projeção do jato em relação à altura da barra de pulverização. Foto: NITEC, Bandeirantes, Paraná, Brasil (2024).	43
Figura 9. Visualização da estrutura piramidal contendo todos os módulos e especificação métricas da sua dimensão. Foto: Motta, A. B O. (2024).	45
Figura 10. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 0,25 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A.B. O. (2024).	45
Figura 11. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 0,50 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).	46
Figura 12. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 0,75 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).	46
Figura 13. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 1,00 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).	47
Figura 14. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 1,25 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B O. (2024).	47

Figura 15. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 1,50 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).	48
Figura 16. Base da superfície de coleta da estrutura piramidal projetada para escoamento do líquido pulverizado. Foto: Motta, A. B. O. (2024).	48
Figura 17. Modelo do equipamento da estação meteorológica Ambient Weather WS-2902, utilizada durante o experimento, Ambient Weather, Chandler, Arizona, Estados Unidos. Foto: Motta, A. B. O. (2024).	49
Figura 18. Localização da estação meteorológica no campo de trabalho, direcionada para a região norte e a dois metros da altura do solo. Foto: Motta, A. B. O. (2024).	49
Figura 19. Descrição do console da estação meteorológica Ambient Weather, com a visualização das respectivas funções, Ambient Weather, Chandler, Arizona, Estados Unidos. Foto: Motta, A. B. O. (2024).	50
Figura 20. Esquema do processo de pulverização e coleta do volume. Aplicação da pulverização (1), Coleta do volume (2), Pesagem do volume coletado (3), anotação dos dados coletados (4). Foto: Motta, A. B. O. (2024).	52
Figura 21. Fluxograma da metodologia de coleta em relação ao deslocamento da projeção do jato de pulverização. Foto: Motta, A. B. O. (2024).	52
Figura 22. Dados médios das condições meteorológicas da temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade de vento durante o experimento.	53
Figura 23. Análise da regressão linear em relação à altura da barra (m) de pulverização e do volume deslocado (L).	58
Figura 24: Relação entre velocidade do vento ($m s^{-1}$) e alturas de barra no deslocamento do volume aplicado.	59
Figura 25. Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis meteorológicas e altura da barra em relação ao volume coletados dos testes realizados a campo.	62
Figura 26. Agrupamento hierárquico dos grupos das variáveis meteorológicas e operacionais em relação ao volume coletado/deslocamento do jato de pulverização.	63
Figura 27. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento ($m s^{-1}$) em relação a cada repetição na altura de 0,25 m.	65
Figura 28. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,25 m.	66
Figura 29. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,25 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.	67
Figura 30. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento ($m s^{-1}$) em relação a cada repetição na altura de 0,50 m.	68
Figura 31. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,50 m.	69
Figura 32. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.	69
Figura 33. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento ($m s^{-1}$) em relação a cada repetição na altura de 0,50 m.	70

Figura 34. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,50 m.	71
Figura 35. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	72
Figura 36. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 0,50 m.....	73
Figura 37. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,50 m.	74
Figura 38. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	74
Figura 39. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 0,75 m.....	76
Figura 40. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,75 m.	76
Figura 41. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,75 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	77
Figura 42. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 1,00 m.....	78
Figura 43. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,00 m.	79
Figura 44. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,00 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	79
Figura 45. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 1,00 m.....	81
Figura 46. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,00 m.	81
Figura 47. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,00 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	82
Figura 48. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 1,25 m.....	83
Figura 49. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,25 m.	83
Figura 50. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,25 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	84

Figura 51. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 1,50 m.....	85
Figura 52. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,50 m.	86
Figura 53. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	86
Figura 54. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 1,50 m.....	88
Figura 55. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,50 m.	88
Figura 56. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	89
Figura 57. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 1,50 m.....	90
Figura 58. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,50 m.	91
Figura 59. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado do teste de vazão durante os dias de aplicação

Tabela 2. Medidas da projeção do jato de pulverização conforme a altura da barra de pulverização (m)

Tabela 3. Características métricas da estrutura piramidal: Relação entre o diâmetro do jato de pulverização e base de coleta

Tabela 4. Resultados da análise da correlação de Pearson e da significância estatística ($p < 0,05$), em relação as variáveis meteorológicas no deslocamento do volume do jato de pulverização

Tabela 5. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,25 m

Tabela 6. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,50 m

Tabela 7. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,50 m

Tabela 8. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,50 m

Tabela 9. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,75 m

Tabela 10. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,00 m

Tabela 11. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,00 m

Tabela 12. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,25 m

Tabela 13. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,50 m

Tabela 14. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,50 m

Tabela 15. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,50 m

Tabela 16. Resultados da variância capturada por cada dimensão em relação as variáveis

MOTTA, Ana Beatriz Oliveira. **Metodologia para determinação de deriva em diferentes alturas de barra e velocidade do vento com pontas de pulverização de jato cônico**. 2025. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes*, 2025.

RESUMO

A uniformidade e a qualidade da pulverização dependem da estabilidade da altura da barra de pulverização. A altura da barra do pulverizador, somada as variações das condições meteorológicas, provoca deslocamentos no jato de pulverização, por meio da mudança da abertura do ângulo ou projeção do jato de pulverização e a distribuição volumétrica o que proporciona variação na deposição das gotas no alvo. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia para quantificar o volume deslocado na projeção do jato cônico em diferentes alturas da barra de pulverização e condições meteorológicas. Para isso, foi desenvolvida uma estrutura piramidal como base experimental, que foi confeccionada com base nos cálculos teóricos do diâmetro da projeção do jato cônico de pulverização da ponta, correspondendo a cada altura de trabalho, 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1,00 m, 1,25 m e 1,50 m. A estrutura piramidal é construída com chapa de metal, e dividida em 6 módulos, possuindo um orifício de saída, e cada módulo tem o comprimento de abertura em relação ao ângulo da projeção do jato de pulverização, estando centralizada abaixo da barra de pulverização para coletar o volume pulverizado. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com 20 repetições aplicadas por pontas de pulverização JCI 80 01, com pressão de 500 kPa, e seis alturas da barra de pulverização. Durante os ensaios, as condições meteorológicas tais como velocidade e direção do vento, temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas. O volume deslocado teve correlação positiva com a altura de barra ($r > 0,71$), velocidade do vento ($r \geq 0,98$), temperatura do ar ($r \geq 0,94$) e com relação negativa com a umidade relativa do ar ($r < - 0,94$). O volume deslocado do jato é influenciado pela altura da barra de pulverização. Alturas da barra mais baixas teve menores perdas e alturas da barra superiores indicam uma perda no deslocamento, com médias de 80%, atingindo até 98,49% a 1,50 m de altura da barra. A estrutura piramidal mostrou-se como uma metodologia que possibilita avaliar o deslocamento da projeção do jato de pulverização em um ambiente de campo complexo. Ela possui uma estrutura simples, baixo custo, fácil de usar e reduz o tempo experimental. Os fatores que mais influenciaram no deslocamento do jato é a velocidade do vento e a altura de barra de pulverização principalmente a 0,50 m.

Palavras-chaves: Tecnologia de aplicação; condições meteorológicas; deslocamento do jato; altura de barra.

MOTTA, Ana Beatriz Oliveira. **Methodology for determining drift at different boom heights and wind speed with conical jet spray tips**. 2025. Dissertation (Master's in Agronomy) - State University of Northern Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2025.

ABSTRACT

The uniformity and quality of the spray depends on the stability of the spray boom height. The height of the sprayer boom, together with variations in weather conditions, causes displacements in the spray jet, by changing the opening angle or projection of the spray jet and the volumetric distribution, which leads to variations in the deposition of droplets on the target. The aim of this study was to develop a methodology to quantify the volume displaced in the projection of the conical jet at different spray boom heights and weather conditions. To this end, a pyramidal structure was developed as an experimental base, which was made based on theoretical calculations of the diameter of the projection of the conical spray jet from the tip, corresponding to each working height, 0.25 m, 0.50 m, 0.75 m, 1.00 m, 1.25 m and 1.50 m. The pyramidal structure was built with the aim of quantifying the volume displaced in the projection of the conical spray jet. The pyramidal structure is made of sheet metal and divided into 6 modules, with an outlet hole, and each module has the length of the opening in relation to the angle of the spray jet projection, being centered below the spray bar to collect the sprayed volume. The experiment was set up in a completely randomized design with 20 replications applied by JCI 80 01 spray tips, with a pressure of 500 kPa, and six spray bar heights. During the tests, weather conditions such as wind speed and direction, temperature and relative humidity were recorded. The displaced volume was positively correlated with boom height ($r > 0.71$), wind speed ($r \geq 0.98$), air temperature ($r \geq 0.94$) and negatively correlated with relative humidity ($r < -0.94$). The displaced volume of the jet is influenced by the height of the spray boom. Lower boom heights had lower losses and higher boom heights indicated a loss in displacement, with averages of 80%, reaching up to 98.49% at 1.50 m boom height. The pyramidal structure proved to be a methodology that makes it possible to evaluate the displacement of the spray jet projection in a complex field environment. It has a simple structure, low cost, is easy to use and reduces experimental time. The factors that most influenced jet displacement were wind speed and spray boom height, mainly 0.50m.

Keywords: Application technology; weather conditions; jet displacement; boom height.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação de fitossanitários é um dos campos mais multidisciplinares da agricultura, envolve diversos fatores de forma interdependente e que interferem na determinação eficiente e econômica dos produtos no alvo. Nesse contexto, o conhecimento aprofundado desses fatores é essencial para a escolha correta da tecnologia de aplicação mais adequada para ser empregada (Contiero et al., 2018).

No Brasil, a importância da utilização das tecnologias de aplicação é em relação as extensas áreas tratadas, ultrapassando 1 bilhão de hectares, tendo um aumento de 10,9%, em relação ao primeiro semestre de 2023 (Sindveg, 2024). Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA, 2023), os herbicidas são os mais utilizados (55,93%), seguido pelos fungicidas (17,71%) e inseticidas (12,14%). Utilizar estes produtos, torna-se essencial a escolha correta da técnica de aplicação.

A tecnologia de aplicação é um dos fatores cruciais para o sucesso da cultura, entretanto, sua definição nem sempre é simples devido à complexidade das diversas variáveis envolvidas no processo (Oliveira et al., 2019). Com o aumento das áreas tratadas a uma demanda maior de fitossanitários nos sistemas agrícolas, que associado ao possível uso inadequado desses produtos, torna a deriva de pulverização um dos maiores problemas da tecnologia de aplicação de fitossanitários e, provavelmente, um dos gargalos para mitigar os impactos ambientais da agricultura brasileira (Oliveira et al., 2013).

A deriva de pulverização, refere-se ao agrotóxico aplicado que não se deposita na cultura-alvo e se perde em ambientes não-alvo (Schönenberger et al., 2022). Parâmetros que afetam a deriva são a altura da barra de pulverização sobre as plantas, ângulo da projeção da pulverização e velocidade de deslocamento do pulverizador, relacionados aos fatores físicos iniciais das gotas (Al Heidary et al., 2014). Esses fatores em conjunto com o espaçamento entre pontas e o ângulo de pulverização determinam a altura correta da pulverização (Jomantas et al., 2023).

Para reduzir a deriva nas aplicações, são necessárias uma calibração adequada e a manutenção das máquinas de pulverização (Contiero et al., 2018). Os pulverizadores hidráulicos são amplamente utilizados para a aplicação de fitossanitários, e a uniformidade e a qualidade da distribuição dependem diretamente da estabilidade da

barra de aplicação. Em terrenos com superfícies irregulares, a barra de pulverização pode oscilar vertical e horizontalmente (Kappaun et al., 2021). Essas oscilações na estabilidade na barra de pulverização aumenta a perda de produtos fitossanitários por deriva, resultando em perdas econômicas para os produtores, maior necessidade de reaplicação (sobredose e subdose) e causa danos nos ecossistemas, como contaminação do solo e da água (Sybertz et al., 2020).

A adoção de boas práticas na aplicação de produtos fitossanitários pode minimizar o efeito da deriva e o deslocamento do jato, são conjunto de fatores operacionais e meteorológicos que reduzem a perda por deriva, dentre elas estão, o diâmetro e espectro de gotas, as condições meteorológicas no momento da aplicação como a temperatura do ambiente menor que 30° C, umidade relativa do ar superior a 50% e a velocidade do vento entre 3 e 10 km h⁻¹, características de formulação do produto, evaporação, viscosidade, altura da barra, modelos de pontas e prática do operador de máquina (Tobi et al., 2011; Langenbach; Caldas, 2018; Antuniassi et al., 2019).

Geralmente, nas pulverizações agrícolas dá-se muita importância aos produtos fitossanitários e pouca à tecnologia de aplicação. Alguns experimentos relatam a falta de uso das técnicas de aplicação, resultando no deslocamento de produtos fitossanitários para áreas não-alvo durante as aplicações, sendo que as perdas podem ultrapassar 70% (Balan et al., 2008). Tais valores foram confirmados por outros estudos que referiram que até 30% ou mais (dependendo sobretudo das condições meteorológicas) dos fitossanitários pulverizados podem perder-se devido à deriva (Perine et al., 2021; Xue et al., 2021).

Nesse sentido, a altura da barra em relação à ponta tem grande influência na deriva, pois as gotas pulverizadas em alturas elevadas serão carregadas por velocidade de vento maiores e terão mais tempo para transporte e evaporação antes de se depositarem no alvo (Miller et al., 2011), o que pode resultar em perda de produto e contaminação de áreas não alvo (Gómez-Ramos et al., 2020).

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia para determinar a deriva em diferentes alturas de barra e velocidades do vento com pontas de pulverização de jato cônico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tecnologia de aplicação de fitossanitários

Com o aumento das áreas tratáveis e da demanda por maior produtividade agrícola, tem-se intensificado a necessidade do uso de produtos fitossanitários, uma vez que estes desempenham um papel no controle de plantas daninhas, doenças e pragas agrícolas que comprometem o desenvolvimento das culturas (Kouame et al., 2024; Zampiroli et al., 2020; Lopes et al., 2024).

Ao analisar o consumo agrícola de fitossanitários em escala global, em 2025 o consumo estimado é de 4.353,98 mil toneladas métricas, e, em 2027, cerca de 4.407,65 mil toneladas métricas um aumento de aproximadamente 53,67 mil toneladas de métricas. Portanto, o aumento estimado no consumo global de fitossanitários é de aproximadamente 1,23%. (Statista, 2025).

Em termos de Brasil, a definição mais citada pela ciência da tecnologia de aplicação foi realizada por Matuo (1990), como sendo o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade significativa, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outros ecossistemas.

A tecnologia de aplicação fundamenta-se em dois princípios: a) pulverização, entendido como o processo físico-mecânico que transforma uma substância líquida em gotas e b) aplicação, definida como a deposição do ingrediente ativo sobre o alvo. Segundo Matuo (1990), a análise e utilização das definições anteriores estão relacionadas com o resultado e consequências na utilização dos fitossanitários (Santos, 2005; Christofolletti, 1999; Antuniassi et al., 2017).

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 conforme 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 utilizado é a água, por ser de fácil acesso e baixo custo (não considerando o transporte).

O método de controle químico tem sua eficiência influenciada por diversos fatores que interagem entre si, como: característica do produto (formulação, translocação na planta, compatibilidade em misturas, toxicidade), planta-alvo (características da planta, exposição, estágio de maior suscetibilidade), condições ambientais (temperatura,

umidade relativa, ocorrência de chuvas, orvalho), equipamentos utilizados e suas condições operacionais (pressão de trabalho, pontas de pulverização, velocidade) e uso de adjuvantes (Griesang e Ferreira, 2021).

Os pulverizadores hidráulicos são essenciais para a aplicação de fitossanitários, equipados com barras contendo pontas hidráulicas distribuídas ao longo do comprimento, possibilitando uma distribuição uniforme dos produtos fitossanitários (Alvarenga, 2009; Shichocki, 2013). Com o objetivo de alcançar uma aplicação de qualidade que garanta eficiência na cobertura e depósito do alvo, sem desperdícios, tornando a operação economicamente viável e com menor impacto ambiental (Botelho et al., 2020; Raetano, 2019).

Em síntese, a aplicação de fitossanitários requer a análise dos diferentes fatores envolvidos durante o processo de pulverização, a fim de selecionar as técnicas mais adequadas (Ferrer, 2014; Antuniassi e Baio, 2008). Quando não são adotadas medidas de mitigação, 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 (Costa e Polanczyk, 2019).

Portanto, é necessário constantemente regular e calibrar o equipamento de pulverização para definir o volume aplicado, levando-se em conta a cobertura do alvo que se deseja obter e as condições meteorológicas no momento da aplicação (Freitas et al., 2022).

2.2 Deriva na pulverização agrícola

Conforme a norma 22866 (ISSO, 2005), deriva de pulverização é a quantidade do produto fitossanitário levada para fora da área não alvo em que se quer pulverizar pela ação do vento durante o processo de aplicação. De maneira mais detalhada, existem dois tipos de deriva: endoderiva e exoderiva. A endoderiva ocorre dentro da área alvo da aplicação, por escorrimento da gota, devido ao excesso da calda de pulverização ou tamanhos de gotas muito grandes com perda da gota para outro local dentro da área alvo, e a exoderiva, que acontece fora da área alvo da aplicação, podendo acontecer devido ao deslocamento das gotas muito finas através da ação do vento (Paula et al., 2021).

A deriva é a principal causa de perdas de produto fitossanitários durante a pulverização e representa um caminho potencial para a introdução em outros

ecossistemas não alvo, como corpos d'água, solos e vegetação, gerando contaminação ambiental, risco ecológico, surgimento de espécies resistentes, perda da produção e danos econômicos aos produtores, e até danos sociais (Brühl et al., 2021; Struger et al., 2017; Naumann et al., 2022; Marubayashi et al., 2021).

A perda por deriva pode ser afetada pela estabilidade da altura da barra de pulverização, a pressão no momento da aplicação, e a ação do vento sobre as gotas (Kruger et al., 2019), o modelo das pontas de pulverização.

O espectro e o diâmetro das gotas influenciam no efeito da deriva, gotas finas com 100 μm desaceleram mais rápido do que gotas grossas e caem lentamente pelo ar (Jomantas et al., 2023; Kruger et al., 2019). Além dos fatores operacionais, características físicas e químicas da calda e condições meteorológicas influenciam na deriva (Balsari et al., 2016).

De acordo com Chaim et al. (2000) e Balan et al. (2008), as perdas nas aplicações podem ultrapassar 70% diante dos fatores citados anteriormente. Segundo Garcia-Santos (2016), as taxas de deriva e deposição de gotas de vários pomares, demonstraram que entre 30% e 50% da pulverização é perdida por evaporação durante a operação.

A calibração do pulverizador agrícola tem uma influência considerável na eficiência da pulverização e, ao mesmo tempo, na deriva das gotas. Os impactos negativos da deriva da pulverização podem ser mitigados pela redução da altura da barra de pulverização sobre as plantas pulverizadas (Grella et al., 2020) e da estabilidade da barra do pulverizador (Cui et al., 2017).

Estudos revelam que os agentes redutores de deriva (ARDs), podem ser usados para diminuir a deriva em até 56% sob ventos moderados, e aproximadamente 30% em condições de ventos mais fortes (Salceanu et al., 2023). Da mesma forma, Lesnik et al. (2015) analisaram como fatores como a velocidade do vento e a altura da barra de pulverização influenciam o deslocamento do jato, e que o uso de práticas corretas de aplicação pode minimizar a dispersão para áreas não alvo.

2.2.1 Endoderiva

A utilização correta dos modelos de pontas de pulverização e seu espectro de gotas podem reduzir a deriva. Segundo os autores Himel (1974), Combella (1982) e De Schampheleire et al. (2007), a uniformidade da distribuição volumétrica pode ser afetada

por fatores internos, dentro das próprias áreas pulverizadas, mais conhecido como escorrimento das gotas. Os autores explicam que as gotas podem permanecer internamente na área pulverizada, não sendo fixadas na cultura e não podendo ser absorvidas pelos alvos, definindo a endoderiva, em que mais de um terço do agrotóxico aplicado nas culturas pode atingir o solo durante a aplicação.

A aplicação de produtos fitossanitários pode ser avaliada por dois conceitos principais: deposição e cobertura. A deposição refere-se à quantidade de produto depositado sobre o alvo, expressa em termos de massa ou volume por área, ou pela massa seca do alvo. A cobertura corresponde ao percentual da superfície do alvo eficazmente coberta pelas gotas de aplicação. A cobertura ideal varia conforme as características do alvo e do produto aplicado, sendo definida como a proporção da área do alvo recoberta pelas gotas de pulverização (Tavares, 2020).

A análise da deposição dos fitossanitários é baseada na recuperação e detecção das substâncias, da própria superfície das plantas, de alvos artificiais ou por equipamentos específicos de amostragem. A marcação das caldas de pulverização antes da aplicação, com traçadores detectáveis tem se tornado uma prática largamente empregada. No geral, os instrumentos de medição do espectro de gotas podem ser divididos entre intrusivos e não intrusivos e visam deduzir qualidade no processo de pulverização agrícola (Pascuzzi et al., 2021). O método por difração de laser (Sirmour e Verma, 2019) caracteriza-se como instrumentos de medição não intrusivos.

As medições por equipamentos intrusivos, em geral, apresentam custos de implementação relativamente menores (Privitera et al., 2023). Na agricultura de campo, o monitoramento de qualidade de aplicação quanto ao tamanho de gotas é principalmente realizado após o processo de pulverização ser executado pelo uso de papéis hidrossensíveis (Sijs et al., 2021).

Os parâmetros de depósito e cobertura são os componentes mais eficientes para avaliação do desempenho da aplicação (Yu et al., 2009a). Além destes, Dario et al. (2017) quando avaliaram modelos de pontas, detectaram que na cultura da soja aproximadamente 50% do depósito ficou retido no terço superior do dossel, reduzindo significativamente até o terço inferior, constatando os problemas em distribuir a pulverização uniformemente em todas as partes da planta, também abordado por Prado et al. (2015).

Outra metodologia adicionada a essas técnicas é a utilização de um marcador na calda com o produto fitossanitário (Gao, 2019). Esse método utiliza matérias-primas

economicamente viáveis (marcadores) na calda para quantificar e demarcar com precisão a deposição das gotas. Após é realizado o processamento para detectar as gotas depositadas, por meio de um analisador a laser (Kirk, 2007) ou sensores de umidade foliar (Acharya, 2017).

Estas gotas sobre o alvo podem ser influenciadas por diversos fatores, sendo eles: perfil das gotas aplicadas, como diâmetro, aceleração e desaceleração, além de características da mistura (compatibilidade); fatores da própria operação de pulverização, como distância das pontas ao alvo, pressão do circuito, deslocamento do pulverizador; altura da barra, arquitetura da planta alvo e também fatores climáticos, como temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (Al Heidary et al., 2014).

2.3 Método de teste de deriva de pulverização

A quantificação de deriva em campo é altamente dependente de fatores externos, o que dificulta a padronização de metodologias passíveis de serem reproduzidas em todo o mundo, pois pode gerar grande variabilidade nos resultados. Até então, as metodologias de ensaios padronizadas têm certas limitações, pois a ISO 22866: 2005 é projetada para medir deriva fora do campo de aplicação e para velocidade e direção do vento definidas (Balsari et al., 2016).

O banco de testes de campo foi originalmente projetado e aplicado para a medição do potencial de deriva de pulverizadores terrestres, incluindo pulverizadores de barra para culturas de campo e turbopulverizadores para culturas arbóreas. Como uma metodologia alternativa para simplificar a avaliação do risco de deriva de pulverização para diferentes equipamentos, o Departamento de Economia e Engenharia Agrícola Florestal e Ambiental (DEIAFA) da Universidade de Turim desenvolveu o banco de testes de deriva em 2007 (Balsari et al., 2007), conhecido como *bench test* ou banco de ensaio.

O método consiste principalmente no teste de campo direto e no teste de avaliação indireta. O teste de campo é para medir a deriva de pulverização real ao ar livre em condições típicas de campo ou sobre uma superfície definida, incluindo grama, seguindo o padrão ISO 22866 que é considerado o método de medição de deriva mais realista. Por outro lado, o teste de avaliação inclui túnel de vento *ISO 22856 (2008)*, bancada de teste de deriva *ISO 22401 (2015)* (Douzals et al., 2018) e teste de espectro de gotas *ISO 25358 (2018)* (Van de Zande et al., 2008).

As porcentagens de redução do potencial de deriva são calculadas medindo a deposição de pulverização ou a distribuição do tamanho das gotas para análise (Sousa Alves et al., 2017; Bruxelas et al., 2004; Torrent et al., 2017).

Estudos anteriores demonstraram que a bancada de teste de deriva pode ser considerada um complemento adequado aos protocolos padrão existentes para medições de deriva de campo.

Neste estudo realizado por Balsari et al. (2017), para melhorar a metodologia e avaliar a possibilidade de classificar diferentes configurações de pulverizadores de culturas de campo de acordo com o risco de deriva usando uma bancada de teste.

Foi usado um pulverizador de culturas equipado com um tanque de pulverização de 800L e uma barra de pulverização de aço inoxidável de 15 m de largura. Oito configurações diferentes de pulverizadores foram testadas, envolvendo três tipos de pontas e três alturas de barra (0,30, 0,50 e 0,70 m). A viabilidade da metodologia de bancada de teste para classificar a deriva do pulverizador de cultura de campo de acordo com a ISO 22369-1:2006 foi demonstrada, os resultados foram reprodutíveis, com um coeficiente de variação $< 15\%$ (Balsari et al., 2017).

Os resultados experimentais confirmaram as conclusões de estudos anteriores (Gil et al., 2014, Gil et al., 2015), ou seja, que a metodologia de teste usada para avaliar a deriva potencial de pulverizadores de culturas de campo descrita na norma ISO 22401:2015 é apropriada e que facilita a discriminação bem-sucedida entre o valor do potencial de deriva (*VPD*) obtidos para um único pulverizador com diferentes configurações de teste. Os resultados indicaram que velocidades do vento abaixo de $1,0 \text{ m s}^{-1}$ têm uma influência insignificante no DPV. O vento frontal levou a *VPDs* mais altos do que o vento lateral.

O teste de potencial de deriva realizado com seis tipos de pontas de leque em duas pressões com um pulverizador de barra, mostrou que o tamanho da gota e a pressão foram os principais fatores que afetam a perda de deriva ($P 0,05$). Quando a pressão foi de 0,3 MPa, à deriva potencial do XR110-04 era de 33%, o que era muito maior do que os outros 5 tipos de pontas (Wang et al., 2014).

A norma 22401 (ISO 2015) é um 'método para medição de deriva de pulverizadores de barra horizontais por meio de uma bancada de testes e foi publicada com o objetivo de definir um procedimento de teste para avaliar os efeitos da velocidade de aplicação, altura da barra e características de pulverização nos potenciais de redução

de deriva para pulverizadores de barra sob condições internas controladas (Nuyttens et al., 2014; Nuyttens et al., 2017). As aplicações do banco de testes na quantificação do potencial de deriva de pulverizadores de assistência de ar também foram testadas (Grella et al., 2017; Grella et al., 2019).

Alternativamente, todas as configurações testadas resultaram em valores de DR mais baixos seguindo o método de campo ISO 22866, o que causou classificações finais diferentes devido à alta dependência dos resultados em fatores externos.

Outro estudo utilizando o “*Bench test*” para as pontas XR11002 (100 e 400 kPa), AIXR11002 (100 e 600 kPa) e ATR 2.0 (400 e 2000 kPa), operando nas alturas da barra de pulverização de 0,50 e 1,00 m. O aumento da pressão de 100 para 600 kPa, não alterou em grande magnitude à deriva com a barra na altura de 0,5 m, porém quando a altura foi elevada para 1,0 m, na pressão de 600 kPa à deriva aumentou para 65,8% em média (Precipito et al., 2019).

O volume de coleta e o deslocamento do jato de pulverização são fatores cruciais para a determinação da eficácia e segurança das aplicações de produtos fitossanitários. O deslocamento do jato é influenciado por fatores como a velocidade do vento; conseqüentemente, quanto maior for o valor desta variável, maior será a deriva (Nuyttens et al., 2006).

2.4 Pontas de pulverização e pressão de trabalho

O procedimento de geração de gotas ocorre com a transferência do líquido, sob pressão, para uma pequena abertura de saída presente nas pontas, com velocidade e energia suficiente para espalhar o líquido, onde o mesmo forma uma fina lâmina líquida e se desintegra em diferentes tamanhos de gotas. Assim, o espectro de gotas é conhecido como essa amplitude entre os diferentes tamanhos de gotas pulverizadas (Chechetto et al., 2020).

O conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico, por meio do qual a calda é fragmentada em gotas é denominado bico (Christofolletti, 1999), e é composto pela capa, filtro, corpo e a ponta, que é a peça mais importante. As pontas de pulverização estão relacionadas com a vazão, o tamanho de gotas e o formato do jato de pulverização.

A escolha da ponta de pulverização é um dos principais componentes da pulverização hidráulica (Vitória e Leite, 2014) e sua seleção deve estar associada a outros fatores como, volume de calda, condições meteorológicas, pressão de trabalho,

características físico-químicas da calda de pulverização, o modo de ação dos produtos (contato ou sistêmico), formulações dos produtos fitossanitários e a presença de culturas suscetíveis ao produto aplicado em áreas adjacentes para que se obtenha qualidade na pulverização (Griesang et al., 2017; Cunha et al., 2010; Chechetto et al., 2020).

Desta forma, a escolha da ponta de pulverização mais adequada vai depender das diferentes condições de trabalho (Carvalho, 2014). Pressões de trabalho mais altas criam uma lâmina mais fina que se quebra em gotas menores (Kruger et al., 2019).

Esses tamanhos menores de gotas criados em pressões mais altas são potencialmente transportados mais longe a favor do vento do que os tamanhos maiores de gotas produzidos em pressões mais baixas (Kruger et al., 2019). Portanto, gotas de classe de tamanho fina representam maior risco de deriva, em contrapartida, pontas que produzem gotas grossas diminuem este risco (Viana et al., 2010; Gandolfo et al., 2013; Carvalho, 2014; Almeida et al., 2016).

As pontas de pulverização devem fornecer cobertura adequada para a superfície alvo e garantir a distribuição uniforme do líquido pulverizado em toda a largura da barra do pulverizador (Zhao et al., 2014; Kluza et al., 2019). Os modelos de pontas mais comuns usados na agricultura são as pontas de Jatos plano e cônicos (Makhnenko et al., 2021).

A ponta de pulverização de jato cônico apresenta um padrão em forma de anel, pulverização fragmentada finamente e pode ser operada a altas pressões (400 à 600 kPa). Essas características fazem com que os pontas de cone vazio sejam indicados para aplicações sobre massas vegetais com grande superfície, como culturas em pleno desenvolvimento vegetativo. As pontas de jato cônico vazio de indução de ar (apenas para a empresa TeeJet) produzem padrão de pulverização de cone tradicional, mas com gotas maiores para reduzir a deriva (Teejet Technologies, 2013).

2.4.1 Projeção do jato cônico

O modelo de ponta JCI foi projetado para otimizar a composição de caldas em aplicações agrícolas, possui uma ótima cobertura e distribuição de produtos fitossanitários na cobertura do alvo, é constituída de cerâmica de alta resistência ao desgaste e a projeção do jato cônico é de 80°. O modelo JCI tem espectro de gotas finas com tamanho da gota de 145 – 225 µm (Jacto, 2023).

O formato cônico do jato favorece uma distribuição mais uniforme do produto, atingindo áreas mais extensas com maior eficiência. O ângulo de 80° buscam maximizar a cobertura das folhas, principalmente em culturas com folhas grandes e densas (Balsari et al., 2016).

De acordo com Boschini et al. (2008), a ponta de pulverização que apresentou maiores deposições, no extrato superior das plantas, foi a ponta de jato plano duplo e para o extrato mediano e inferior, a ponta de jato cone vazio. A ponta cone vazio proporciona uma melhor eficiência na deposição, especialmente em culturas com dosséis densos, onde é essencial que a calda alcance a parte inferior das folhas

A ponta de cone vazio ATR 80 e TVI 8002 foram testados em quatro pressões de trabalho. Os resultados mostraram que um aumento na pressão de trabalho causou um aumento na pulverização de gotas, independentemente do tipo de ponta, e a pulverização de gotas foi maior para a ponta de cone vazio do que para as duas pontas de indução de ar (Cerruto et al., 2021).

O estudo analisou as características de consumo usando uma ponta cônica vazio em diferentes alturas e pressão. O melhor resultado foi obtido com a pressão de 500 kPa e altura de pulverização de 0,75 m, pois essas condições proporcionaram uma maior eficiência na aplicação (Hussain et al., 2023). A faixa de deposição da aplicação e o ângulo de abertura do jato de pulverização aumentam com a pressão de trabalho (Rodrigues et al., 2012).

2.5 Altura da barra de pulverização

A mecanização agrícola é um avanço na evolução da implementação de tecnologia em máquinas agrícolas. Um pulverizador de barra trabalhando no campo é afetado por fatores como solo irregular, causando movimentos prejudiciais na barra de pulverização (por exemplo, rolar e guinar), mudança de velocidade, carga irregular dos pneus e respingos de líquido. E assim, induzirá uma mudança aleatória na altura da barra no solo, prejudicando a uniformidade e a distribuição volumétrica e aumentando o risco de vazamento de fertilizantes, fitossanitários (Yan et al., 2021).

Os impactos negativos da deriva da pulverização podem ser mitigados pela redução da altura da barra de pulverização sobre as plantas pulverizadas (Grella et al., 2020). As gotas pulverizadas mais grossas e associadas a uma menor altura da barra criam

uma deriva menor. No entanto, na prática, uma altura de barra de 0,5 m é mais usada. O espaçamento de ponta e o ângulo de pulverização determinam a altura correta da pulverização para cada ponta (Balsari et al., 2017).

Em muitos casos, no entanto, os ajustes de altura são baseados em uma proporção de espaçamento de ponta para altura de 1 para 1. Por exemplo, pontas de pulverização planas de 110° com espaçamento de 20 polegadas geralmente são definidas 20 polegadas acima do alvo (Kruger et al., 2019).

Com alturas de barra mais baixas, a velocidade inicial pode ser grande o suficiente para que as gotas atinjam o alvo antes de se desviarem, e evitar o movimento fora do alvo. Gotas grandes mantêm uma velocidade descendente por mais tempo do que as menores, e têm mais probabilidade de serem depositadas no alvo pretendido. Gotas pequenas evaporam mais rápido do que gotas grandes devido à maior proporção entre área de superfície e massa, deixando quantidades mínimas de pesticida no ar. Além de perceber que o tamanho da gota de pulverização é um fator importante na redução da deriva, um aplicador deve estar ciente de que as pontas produzirão muitos tamanhos diferentes de gotas (Kruger et al., 2019).

De acordo com Nuyttens et al. (2007), uma altura da barra menor não apenas diminuiu o deslocamento do jato, mas também melhorou a precisão da aplicação, maximizando a eficácia do produto e proporciona a melhor combinação entre cobertura e redução de deriva, principalmente em culturas baixas e médias.

2.6 Oscilação da barra de aplicação

A pulverização de campos com superfícies irregulares pode fazer com que a barra de pulverização oscile vertical e horizontalmente. As oscilações, por sua vez, fazem com que a pulverização das plantas seja irregular, mas um mecanismo de suspensão entre a barra de pulverização e o chassi da máquina reduz, mas não muito o seu movimento indesejado (Sobotka e Lipinski 2015; Gohari et al., 2017).

Os pulverizadores são utilizados na aplicação de fitossanitários, que estão diretamente relacionados com a forma, qualidade e uniformidade com que esses produtos são aplicados. Nesse contexto, o uso correto da tecnologia de aplicação é essencial para uma maior eficiência de operação dessas máquinas. Assim, a calibração e regulagem

proporcionam uma correta taxa de aplicação, redução do risco de deriva e cobertura satisfatória dos alvos para o sucesso do controle fitossanitário (de Siqueira, 2011).

A qualidade da pulverização agrícola depende da estabilidade da barra do pulverizador (Cui et al., 2017) e da uniformidade das gotas (Yan et al., 2021). Durante a operação de pulverização, ocorre uma deflexão forçada da barra do pulverizador da posição de equilíbrio. Quando o pulverizador passa por obstáculos ou se move em terrenos irregulares, a barra do pulverizador é desviada vertical e horizontalmente. A instabilidade da barra do pulverizador de culturas de campo pode ter impacto agrônomico e ambiental (Lipiński et al., 2022).

Um estudo realizado por Kaliniewicz et al. (2024) determinou a influência da velocidade com que a pulverização cruza um obstáculo sobre o posicionamento dos segmentos terminais da barra e o ritmo necessário para sua estabilização. Os resultados mostraram que as extremidades da barra se deslocaram do equilíbrio não apenas ao cruzar o obstáculo, mas também quando as rodas dianteiras e traseiras do trator entraram em contato com o mesmo.

O deslocamento foi significativamente maior no plano horizontal do que no vertical, sendo que o tempo de estabilização no plano horizontal foi cerca de três vezes superior ao plano vertical. No entanto, um aumento na velocidade da pulverização (de 4 para 12 km/h) aumentou o tempo de operação instável do lançamento em aproximadamente 50%, prejudicando o tempo de operação semi-estável em cerca de 34% e diminuindo o tempo de estabilização da barra em cerca de 45% (Kaliniewicz et al., 2024), demonstrando que a estabilização da barra de pulverização é fundamental para uniformidade da aplicação.

A automação em máquinas agrícolas é ampla, e há uma vasta capacidade dessas tecnologias atuarem em diversas áreas. Hoje em dia é notório que várias pesquisas importantes na área de eletrônica embarcada estão sendo desenvolvidas, utilizando a inovação de sistemas inteligentes, para viabilizar a aplicação desta tecnologia em máquinas e equipamentos agrícolas. O desenvolvimento de sistemas inteligentes de automação e aplicação, como os sistemas embarcados que realizam operações mais precisas e rápidas para reduzir custos e aumentar a otimização do trabalho (Bakker et al., 2011; Griepentrong et al., 2013; Dong et al., 2011; Cheein et al., 2012).

No entanto, são escassas as pesquisas realizadas com o uso de sensores com a função de detectar a altura da barra no momento da pulverização, mantendo o mesmo

paralelismo em relação ao alvo. A utilização do SIMOVE possibilitou realizar as leituras das oscilações verticais da barra nos tratamentos com terreno regular e irregular. Com isso, na pulverização realizada em superfícies mais planas, há menor movimentação vertical da barra, aumentando assim a qualidade e eficiência da aplicação. As maiores variações de oscilação da barra foram registradas nos tratamentos com obstáculos (Ferreira-Althman et al., 2020).

Assim, quanto menores forem as oscilações da barra de pulverização, mais uniforme será a aplicação. Machado et al. (2016) compararam as oscilações verticais e horizontais de três diferentes pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil e encontraram diferenças estatísticas entre as oscilações verticais e horizontais dos pulverizadores. Isso demonstrou que os sistemas de absorção de vibrações, ou suspensões, influenciam o resultado da pulverização.

De acordo com Herbst et al. (2018), não existe um método padrão para testar a precisão das suspensões da barra do pulverizador de forma objetiva. Diferentes técnicas de modelagem têm sido utilizadas para representar sistemas de suspensão e barras de pulverização, como as baseadas em corpos indeformáveis (Pontelli et al., 2010 e 2009; Tahmasebi et al., 2018) e as baseadas em elementos deformáveis (Koc, 2015; Manea et al., 2018). Uma modelação alternativa foi apresentada por Bjornsson et al. (2013), com segmentos rígidos ligados por molas de torção para representar a rigidez horizontal da barra.

Dois modelos de dinâmica multicorpos de um sistema trator-pulverizador foram desenvolvidos para avaliar os sistemas de suspensão: um modelo de dinâmica de corpo rígido (RBDM) e um modelo de elemento finito (FEM) com corpos deformáveis. Os resultados indicaram que o FEM é mais adequado para avaliar as oscilações horizontais da barra, com base nos valores de root mean square (RMS) e em uma curva de estabilidade padrão. Para reduzir as oscilações horizontais, a rigidez da barra pode ser aumentada redimensionando seus componentes estruturais, pode reduzir as oscilações horizontais da barra (Kappaun et al., 2021).

O estudo avaliou os efeitos da estabilidade da barra em pulverizações de campo, medindo acelerações tridimensionais e deslocamentos da barra em diferentes tipos de pista (lisa, ressalto e ressalto com depressão). Pequenas gotas (255 μm) apresentaram maior variação na cobertura (CV entre 11% e 22%) e correlação entre cobertura e altura da barra (-0,40 a -0,58). Grandes gotas (588 μm) tiveram menor variação (CV entre 9%

e 18%) e correlações erradas. As alturas baixo de 1,5 m maximizaram a cobertura das pequenas gotas, enquanto a altura não influenciou significativamente as grandes gotas. A estabilidade do lançamento é crucial para uniformidade da pulverização, mas outros fatores também afetam o transporte das gotas. Os padrões futuros devem considerar menores ressaltos e a profundidade das depressões, especialmente em pulverizadores rápidos e com lançamentos longos (Jeon et al., 2004).

Os padrões de teste futuros de barra em campo devem considerar uma altura de colisão menor, especialmente para pulverizadores autopropelidos de alta velocidade, e levar em conta a altura da colisão e a profundidade do mergulho para evitar que as extremidades da barra atinjam o solo em uma altura nominal da barra, especialmente para barra largas. As correlações observadas sugerem que a estabilidade da barra é um elemento importante na determinação da uniformidade da aplicação da pulverização.

2.6.1 Sobreposição

A sobreposição é definida como a uniformidade dos jatos pulverizados de cada extremidade ao longo da barra, nas direções longitudinal e transversal. Este parâmetro é determinado em função do espaçamento entre os bicos, ângulo de abertura das pontas, altura da barra e pressão de trabalho, entre outros (da Cunha et al., 2001). Assim, é necessário que estes elementos estejam em interação para que a calda se distribua homogeneamente num determinado alvo (da Cunha et al., 2006).

Cada ponta de pulverização possui um padrão de distribuição característico, que determinará o seu espaçamento numa barra de pulverização. Por isso, o conhecimento da distribuição quantitativa da calda pulverizada é de grande importância (Perecin et al., 1998)

A ponta de pulverização possui característica própria de distribuição volumétrica e que essa curva tem grande importância na determinação da altura do bico em relação ao alvo e no espaçamento entre bicos na barra, devendo haver sobreposição do jato de uma ponta com os adjacentes para conseguir distribuição uniforme do líquido pulverizado (Matthews, 2000).

O excesso de deposição do líquido ou uma baixa quantidade depositada são casos indesejáveis. E a maneira mais simples de evitá-los é garantir o paralelismo da barra de pulverização em relação à superfície pulverizada. No entanto, no momento da aplicação,

os parâmetros devem ser respeitados de forma a proporcionar uma conformidade de sobreposição e, assim, mitigar a deriva, apontando para um dos maiores problemas da aplicação de fitossanitários (Summer, 1997).

Nesse contexto, o uso da tecnologia de aplicação é promissor, pois permite que os circuitos eletrônicos tenham contato com o ambiente e realizem ações de acordo com suas atribuições. Nesse sentido, a utilização do conjunto de sistemas eletrônicos, composto por (hardware) e (software), permite a aquisição, o processamento, o armazenamento e a comunicação de dados. Assim, o uso de sensores pode ser uma das alternativas para reduzir a deriva e para controlar e monitorar a barra de pulverização para melhorar o desempenho das aplicações de fitossanitários (Alves et al., 2017).

A eficácia do controle químico depende da ação dos agentes químicos e fatores inerentes: ao momento biológico de controle, à cobertura e deposição do produto em diferentes estratos do dossel e faces foliares da cultura. Os produtos fitossanitários são aplicados em diversos alvos específicos e, para cada um desses, deve-se realizar aplicação com máxima precisão, aliado ao menor risco de contaminação do ambiente e do aplicador (Matthews, 2008).

2.7 Condições meteorológicas

Alguns parâmetros meteorológicos tem influência na deriva, tais como: velocidade e direção do vento, turbulência, estabilidade atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar (Nuyttens, 2007). As condições meteorológicas adequadas para a aplicação podem variar consideravelmente de lugar para lugar e durante o ano na mesma área de cultivo (Silva; Oliveira; Gandolfo, 2018).

As condições consideradas favoráveis no momento da aplicação têm a temperatura entre 15°C e 30°C e umidade relativa acima de 50% e a velocidade do vento entre 3 e 10 km h⁻¹ (Raetano et al., 2011; Antuniassi et al., 2019).

As condições meteorológicas, como o vento, a temperatura e a umidade relativa, desempenham um papel central na deriva de fitossanitários. A aplicação em temperaturas mais baixas e com baixa velocidade do vento pode reduzir significativamente a dispersão de partículas fora da área alvo (Li et al., 2024). Altas temperaturas do ar (acima de 30 °C) e baixa umidade relativa (menos de 60%) diminuem o tamanho das gotas durante o transporte e resultam em mais deriva devido à evaporação das gotas (Xue et al., 2021).

O início da manhã, o final da tarde e à noite, são momentos relatados na literatura como períodos de maior umidade relativa e temperaturas mais amenas, permitindo o uso de gotas mais finas no momento da aplicação, porém se houver o aumento da temperatura com redução da umidade relativa, o padrão de gotas deve ser mudado. Em momentos que o vento é nulo, duas situações podem ocorrer e dificultar a deposição de gotas mais finas, inversão térmica e a ação convectiva. A inversão térmica como típicas de uma manhã muito fria, e que o ar fica parado e a dinâmica da atmosfera pode impedir a deposição das gotas mais finas, de maneira similar, a ação convectiva ocorre nas tardes de temperaturas elevadas, formando corrente de ar quente ascendente, e pode ocorrer nos dois casos deriva a longas distâncias (Antuniassi et al., 2018).

A velocidade do vento forte pode transportar gotas de pulverização para fora da área alvo, aumentando significativamente a deriva. Estudos em pomares constataram que a deriva pode atingir até 40% em aplicações realizadas em alturas superiores a 0,75 m, especialmente em áreas com ventos fortes (Gil et al., 2014).

É importante notar que a interação entre esses fatores pode ser complexa. Por exemplo: caso a aplicação seja feita em locais de baixa umidade e temperaturas altas, devem-se utilizar gotas maiores, que correm menor risco de evaporar; quando é necessária maior penetração das gotas nos alvos, devem-se usar gotas menores. (Baesso et al., 2014).

Resultados de 15 ensaios de campo sob diferentes condições meteorológicas com diferentes alturas de barra e velocidade de aplicação indicou que durante as condições normais de pulverização, os fatores mais decisivos na coleta da deriva total foi a altura da barra e a velocidade do vento, seguidas pela temperatura do ar, velocidade de aplicação e o déficit de pressão de vapor (Arvidsson et al., 2011).

As condições meteorológicas no momento da aplicação devem ser adequadas à deposição, distribuição, absorção e translocação dos produtos fitossanitários. O clima, além de ser um fator limitante à cultura, também atua sobre o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, uma vez que determina as condições ambientais (Contiero et al., 2018).

2.7.1 Velocidade e direção do vento

O vento é um dos principais fenômenos meteorológicos que interferem na qualidade da aplicação, pois desvia a gota do alvo (Chistofolletti, 1999). As correntes de

vento podem arrastar as gotas de pulverização para fora do alvo, causando deriva. Existe uma relação linear entre deriva e velocidade do vento, tanto em estudos com condições experimentais de campo ou em túnel de vento (Miller, 2004).

Por outro lado, a ausência total de vento dificulta a deposição de gotas finas, pelo fato de proporcionar inversão térmica, possibilitando o ar frio, por ser mais pesado, descer, e o ar quente então subir, aumentando assim a chance de ocorrer deriva (Antuniassi, 2005).

Além da velocidade do vento, a importância de saber também qual a sua direção tem sido retratada na literatura como um fator determinante na quantidade de deriva potencial coletada em experimentos de campo. É importante considerar a direção do vento no momento da aplicação para evitar danos por deriva, e se possível a aplicação deve ser feita quando a direção do vento está contra áreas com culturas sensíveis e evitando alta velocidade do vento (Nuyttens, 2007). Algumas recomendações sugerem que as aplicações devem ser realizadas quando a velocidade do vento estiver entre 3 e 10km/h⁻¹ para minimizar os riscos de deriva (Balsari et al., 2016).

Um estudo realizado pelo método de *test bench*, mostraram resultados que o vento frontal à seção de ensaios (sentido SE) tem muito mais efeito na quantidade de deriva potencial coletada que o vento lateral (sentido S-SW) para esse experimento (Gil et al., 2015). Considerando estudos de deriva em campo, deve atentar-se a variação das condições do vento em todas as repetições dos ensaios, podendo ser feito tanto pelo monitoramento das condições atmosféricas durante o experimento, quanto pelo uso de um traçador (Nuyttens, 2007).

Os produtos fitossanitários não devem ser aplicados quando o vento estiver em direção a uma cultura suscetível, uma cultura em estágio vulnerável de crescimento, ou áreas de riscos, como colmeias. O horário viável para pulverização é com pouco vento ou o vento suavemente para longe das áreas adjacentes (Kruger et al., 2019).

O estudo realizado por Grella et al. (2017). avaliou a deriva de absorção em pomares e vinhedos, considerando diferentes configurações de pulverização e condições ambientais com base no protocolo ISO22866:2005. Quatro taxas de fluxo de ar e tipos de pontas foram testadas. Uma análise revelou que o tipo de ponta (51% da variância) e a velocidade do vento (24%) foram os principais fatores que influenciaram a deriva. A direção média do vento impactou os sedimentos no solo, enquanto a velocidade máxima do vento influenciou significativamente a deriva.

2.7.2 Temperatura e umidade relativa do ar

O território brasileiro possui diferentes climas ao longo de sua extensão geográfica, e o momento ideal para pulverizar varia de acordo com as regiões produtoras, que possuem suas peculiaridades locais com alta variabilidade de temperatura e umidade relativa do ar, que podem comprometer a eficiência e o risco de perdas nas pulverizações por evaporação das gotas.

A aplicação pode ser comprometida quando há mudanças bruscas nas condições meteorológicas, mas é difícil realizá-la somente quando todas as variáveis estiverem em valores aceitáveis, devido ao curto período de tempo em que essas condições são adequadas à realização da aplicação dos fitossanitários (Ruedell, 2002; Pereira et al., 2002).

A umidade relativa é a relação entre a quantidade de vapor d'água existente em uma amostra de ar úmido e a quantidade máxima que este ar poderia reter a determinada temperatura. A evaporação vai ocorrer quando as moléculas de um líquido vencem a força de atração entre si e escapam de uma lâmina d'água, passando para a forma de vapor e nesse instante, o ar está saturado de vapor d'água (Alvarenga et al., 2014).

Quanto menor a umidade relativa, maior a quantidade de deriva devido ao efeito de evaporação que reduz os tamanhos das gotas, e para umidade relativa constante, as temperaturas mais baixas resultaram em valores de deriva mais elevados, uma conclusão surpreendente, que pode ser explicada pelo fato de que existe uma forte correlação entre temperatura e umidade relativa para diferentes condições (Nuyttens et al., 2006).

Quando se utilizam baixas taxas de aplicação deve-se dar grande importância à evaporação das gotas. Nestas ocasiões, a adição de óleo ou de outros aditivos anti evaporantes à calda pode ser uma alternativa importante para prolongar a duração das gotas e reduzir os riscos de deriva por evaporação (Boller et al., 2007). A temperatura tem influência no movimento do ar e na sua umidade relativa. Normalmente quando há o aumento da temperatura, a umidade relativa tende a diminuir (Nuyttens, 2007).

Um estudo realizado no estado do Rio Grande do Sul, demonstrou que a temperatura do ar foi o elemento meteorológico com maior favorabilidade para a pulverização agrícola. A velocidade do vento foi o elemento meteorológico mais limitante. Os períodos favoráveis considerando a condição em que a temperatura do ar, a

velocidade do vento e a umidade relativa do ar adequadas para a pulverização agrícola no Rio Grande do Sul, resultou em 43,2% (Radons et al., 2022).

Baixas umidades relativas e altas temperaturas aumentam a evaporação de gotas de produtos fitossanitários, prejudicando o controle fitossanitário e podendo contaminar o meio ambiente. Este estudo avaliou como a temperatura e a umidade relativa impactam a temperatura, utilizando uma ponta Lurmark LD11002 a 300 kPa em uma câmara climática. Foi observado que, mesmo nas condições recomendadas, a perda de líquido por evaporação chegou a 27%, especialmente em condições de baixa umidade, alta temperatura e baixa velocidade do vento (Maciel et al., 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do ambiente experimental

O experimento foi realizado no Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas – NITEC-UENP (Figura 1), localizado na Universidade Estadual do Norte do Paraná UENP, *campus* Luiz Meneghel, na cidade de Bandeirantes, Paraná.

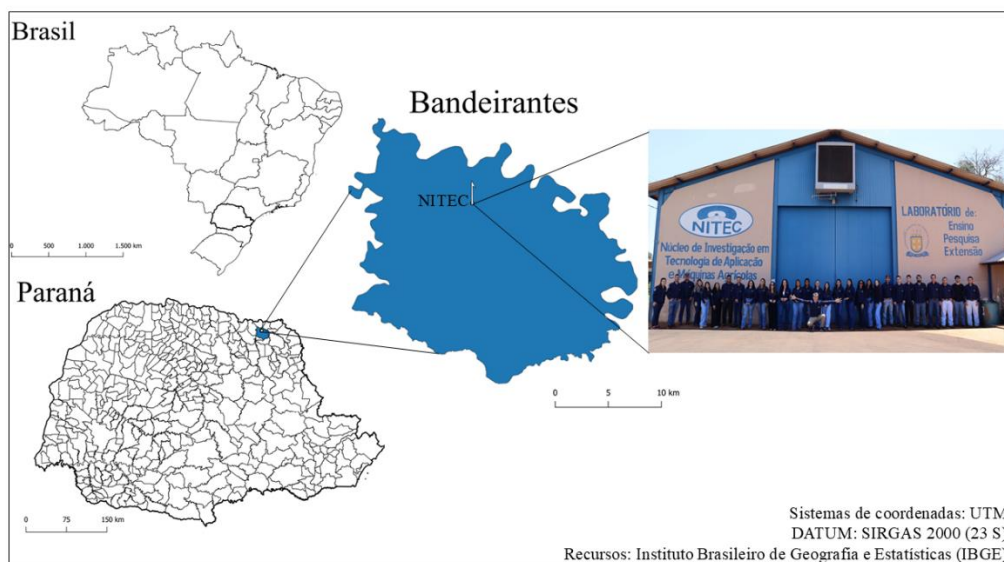




Figura 1. Representação geográfica da localização do ambiente experimental e ampliação da visualização da instalação da estrutura piramidal no campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Motta, A. B O. (2024).

O preparo dos testes e a realização do experimento ocorreram entre os meses de abril à novembro de 2024. O experimento foi montado em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos resultados da combinação de uma ponta de pulverização, com pressão de 500 kPa, e seis alturas da barra de pulverização 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1,00 m, 1,25 m e 1,50 m e 20 repetições, distribuídas igualmente entre os períodos da manhã e de tarde (10 repetições em cada período).

Foram realizados 11 testes para as seis alturas da barra de pulverização e dentre elas as alturas de 0,50 m, 1,00 m e 1,50m foram realizadas mais de um teste, visando uma comparação dos dados em períodos diferente de aplicação da metodologia para a mesma altura da barra.

A ponta de pulverização utilizada foi o modelo JCI 8001 de cone vazio, ângulo de aplicação de 80°, fabricada em cerâmica, classificada pela norma ISO na cor alaranjada e com gota fina (Figura 2).



Figura 2. Equipamento ponta de pulverização JCI 8001, Máquinas Agrícolas Jacto AS, Pompéia, São Paulo, Brasil. Fonte: Catálogos de pontas de pulverização Jacto, 2023.

O pulverizador utilizado é um exemplar da marca Jacto, modelo Condor 600[®], com rotação em 540 rpm, com peso de 248 kg, altura de trabalho de 0,5 a 1,5 m, e 600 litros de capacidade no reservatório de calda, sistema de comando mecânico/hidráulico (Figura 3A), acoplado ao manômetro do modelo magnoJet com glicerina, de 0 a 7 bar (0 a 700 kPa) e com 6 pontas de pulverização espaçados em 0,50 m (Figura 3B). Modelo da bomba de pistões é JP-75 /JP-100, vazão máxima de 75 L/min a 100L/mix com potência consumida de 4 cv a 6 cv.



Figura 3. Modelo do pulverizador Condor 600[®], Máquinas Agrícolas Jacto SA, Pompeia, São Paulo, Brasil (A) e Modelo de manômetro, Magno Jet Indústria Ltda, Ibaiti, Paraná, Brasil (B). Foto: Motta, A. B O. (2024).

Antes da realização dos ensaios, foi realizado a inspeção no pulverizador, com manutenção e reparo em áreas com vazamentos e limpeza dos pontas e das pontas. Depois de encher o tanque de pulverização com água foi ajustado a pressão de trabalho em 500 kPa.

O modelo da barra de pulverização, possui três pontas de pulverização, com comprimento de 2 metros, espaçamento entre as pontas de 0,50 m, e pontas de jato plano

com ângulo de aspersão de 80° ou menor. A distância entre a barra e o alvo deve ser de 0,50 m ou mais, o arranjo permite uma cobertura adequada e uniforme sobre a área pulverizada.

A barra de pulverização, necessitou-se de um suporte adicional para alcançar o centro e ajustar o ângulo da estrutura, permitindo que a barra ficasse fixa e reta ao longo de toda a sua extensão. Esse suporte, confeccionado em ferro, possui 1,25 m na parte inferior e 0,90 m na parte superior da barra e alcançou uma medida total de 2,67 m. A estrutura foi colocada no centro do braço de pulverização ao lado direito do pulverizador (Figura 4).



Figura 4. Visualização do suporte adicional acoplado ao braço da barra de pulverização com suas dimensões de acordo com o modelo da barra de pulverização do Condor 600[®], Máquinas Agrícolas Jacto SA, Pompeia, São Paulo, Brasil. Foto: Motta, A. B O. (2024).

No experimento, foram utilizadas duas pontas, da qual classificamos para a realização do teste de vazão das pontas (Figura 5).



Figura 5. Visualização da ordem das pontas para a coleta da vazão. Foto: Motta, A. B O. (2024).

O suporte onde a barra é inserida e que geralmente possui uma estrutura móvel ajustável para a altura da barra de 0,5 a 1,5 m, foi adaptada para aumentar sua amplitude e foi acoplado à bomba de pulverização, permite regular a altura da barra conforme a necessidade do trabalho. A estrutura possui um comprimento total de 2,08 m (Figura 6).

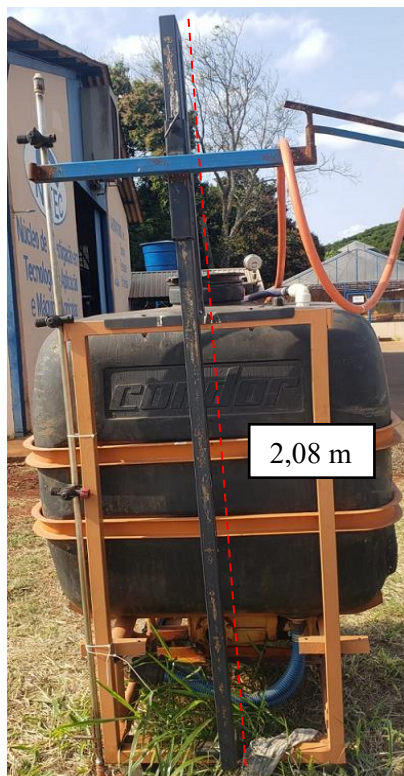


Figura 6. Modelo da estrutura para ajuste da altura da barra de pulverização. Foto Motta, A. B O. (2024).

3.2 Avaliação da vazão das pontas de pulverização

Foram realizados os testes de vazão para a ponta JCI 8001, considerando uma variação de 10% sobre uma vazão nominal de $0,520 \text{ L min}^{-1}$, conforme a metodologia de coleta de vazão (Tabela 1).

Tabela 1: Resultado do teste de vazão durante os dias de aplicação

Modelo de Ponta	Altura da barra (m)	Vazão ponta 1 L min^{-1}	Vazão ponta 2 L min^{-1}
JCI 8001	1,50 m	0,505	0,505
JCI 8001	1,50 m	0,475	0,465
JCI 8001	1,50 m	0,465	0,465
JCI 8001	1,25 m	0,520	0,540
JCI 8001	1,00 m	0,505	0,525
JCI 8001	1,00 m	0,465	0,465
JCI 8001	0,75 m	0,505	0,520
JCI 8001	0,50 m	0,505	0,515
JCI 8001	0,50 m	0,475	0,475
JCI 8001	0,50 m	0,475	0,465
JCI 8001	0,25 m	0,500	0,515

3.3 Diâmetro da projeção do jato de pulverização

Para dimensionar o diâmetro da estrutura piramidal de coleta do volume pulverizado pela barra de pulverização conforme as diferentes alturas de trabalho, foi necessário calcular o diâmetro do jato. Usamos a fórmula baseada no ângulo de pulverização para as alturas, garantindo que a projeção completa do jato fosse capturada, sem interferências causadas por erros da estrutura de coleta.

equação (1)

$$D = 2 \times (h \times \tan(\frac{\theta}{2}))$$

onde:

- D = Diâmetro do Jato
- h = altura
- θ é o ângulo de pulverização (80° para a ponta JCI 8001).
- Altura é a distância da ponta de pulverização ao alvo

Cálculo

Primeiro, convertamos o ângulo de pulverização para radianos:

$$\theta = 80^\circ$$

$$\theta/2 = 40^\circ$$

$$\theta/2 = 40^\circ \times (\pi/180) = 40\pi/180$$

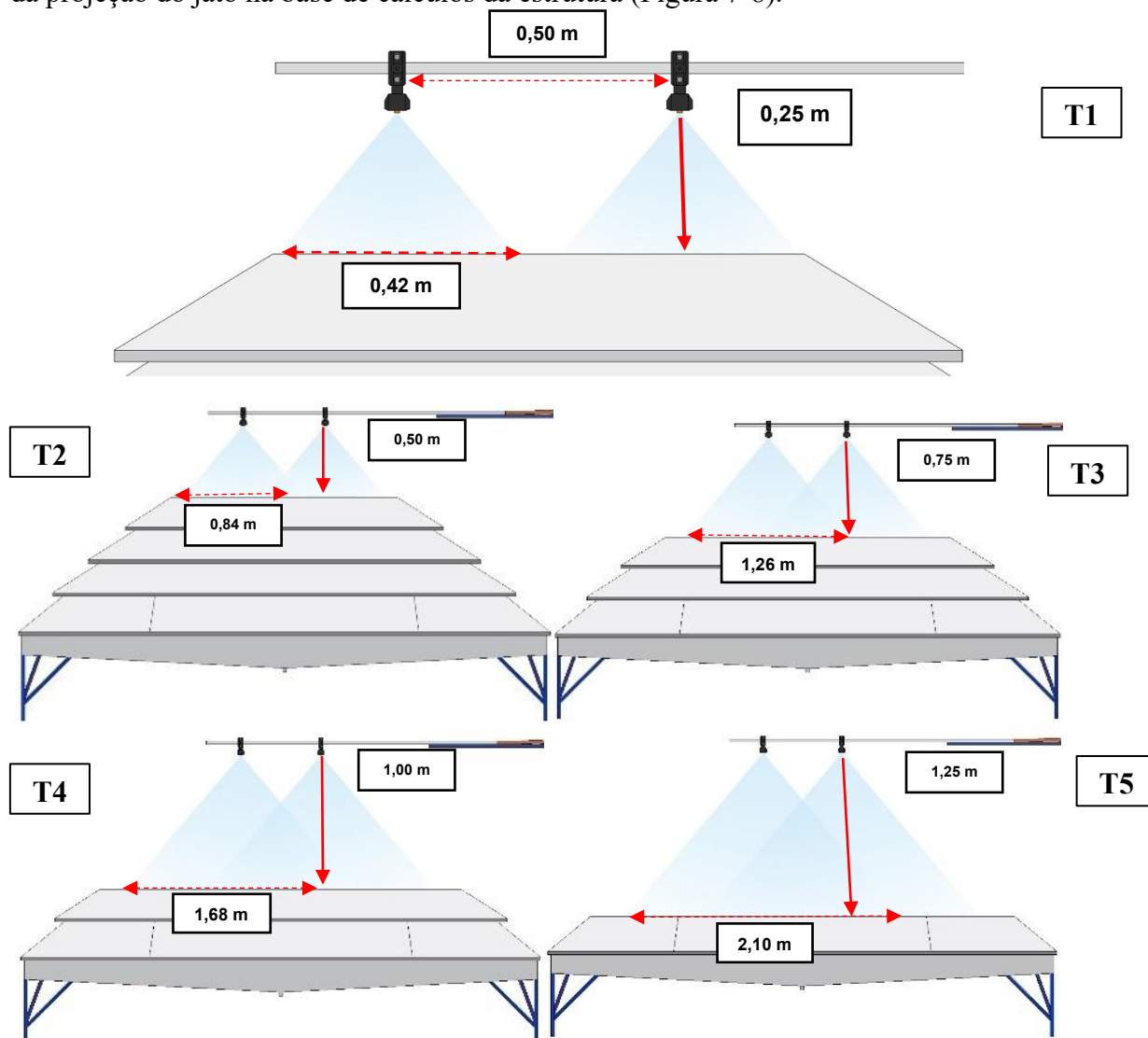
Após a realização do cálculo do diâmetro da projeção do jato de pulverização dimensionamos qual seria a composição correta da estrutura, desde formato e tamanho (Tabela 2).

Tabela 2: Medidas da projeção do jato de pulverização conforme a altura da barra de pulverização (m)

Tratamento	Altura da barra (m)	Diâmetro do Jato	Projeção do jato
1	0,25	$2 \cdot (0,25 \cdot \tan(40^\circ))$	$\approx 0,42$ m
2	0,50	$2 \cdot (0,50 \cdot \tan(40^\circ))$	$\approx 0,84$ m
3	0,75	$2 \cdot (0,75 \cdot \tan(40^\circ))$	$\approx 1,26$ m
4	1,00	$2 \cdot (1,00 \cdot \tan(40^\circ))$	$\approx 1,68$ m
5	1,25	$2 \cdot (1,25 \cdot \tan(40^\circ))$	$\approx 2,10$ m
6	1,50	$2 \cdot (1,50 \cdot \tan(40^\circ))$	$\approx 2,52$ m

Fonte: Autora, 2024

Com as especificações da barra de pulverização e dos modelos de pontas de pulverização utilizados no trabalho, foi elaborado um esquema para melhor visualização da projeção do jato na base de cálculos da estrutura (Figura 7-8).



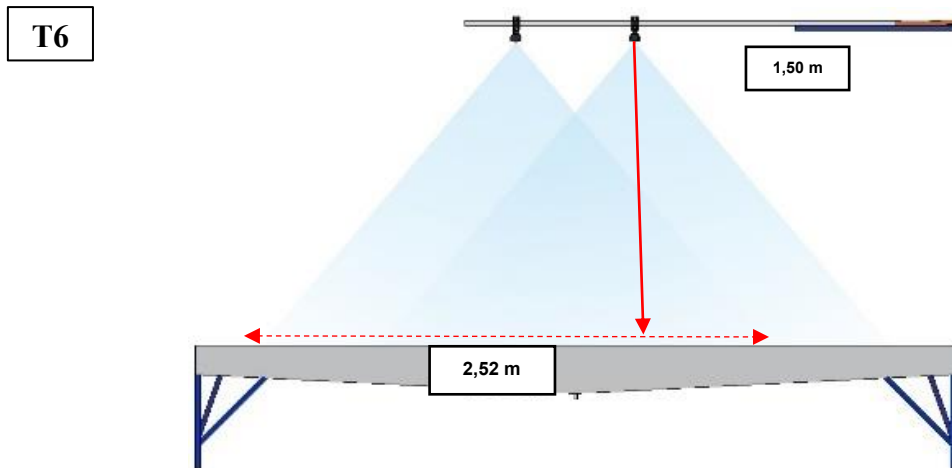


Figura 7. Representação da estrutura piramidal com o ângulo da projeção do jato na altura da barra de pulverização, correspondente a 0,25 (T1), 0,50 (T2), 0,75 (3), 1,00 (T4), 1,25 (T5) e 1,50 (T6) m, com espaçamento entre pontas de 0,50 m. Foto: NITEC, Bandeirantes, Paraná, Brasil, (2024).

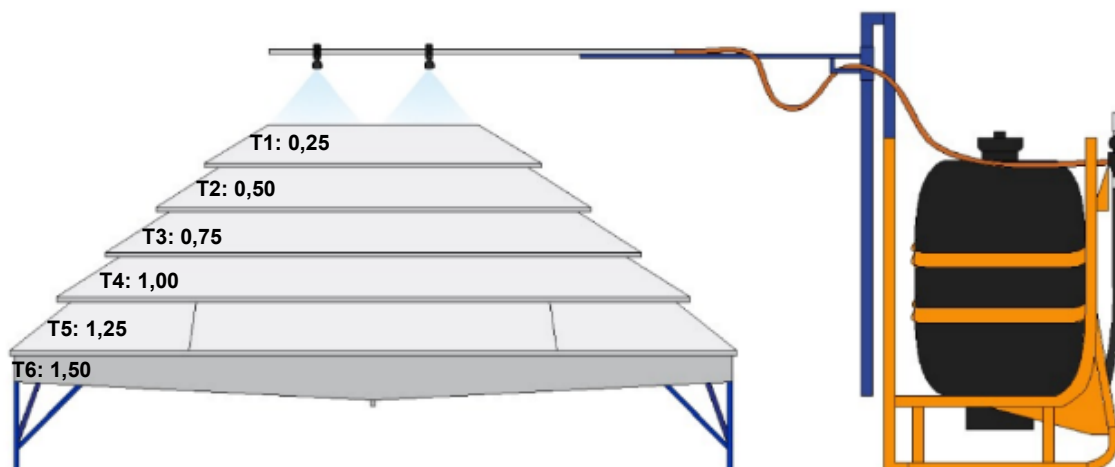


Figura 8. Representação completa da estrutura piramidal com todos os módulos de acordo com o ângulo da projeção do jato em relação à altura da barra de pulverização. Foto: NITEC, Bandeirantes, Paraná, Brasil (2024).

3.3.1 Análise do deslocamento do volume

O cálculo do volume deslocado foi realizado levando em consideração o volume aplicado e o volume coletado.

$$VD = VTA - VC \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

VD = volume deslocado

VTA = volume total aplicado

VC = volume coletado

Obs: Para calcular o VTA, considerou-se:

Vazão nominal da ponta (L min⁻¹) x nº de pontas x tempo de pulverização

3.4 Delimitação da estrutura do experimento

A estrutura piramidal foi confeccionada com base no cálculo do diâmetro da projeção do jato de pulverização da ponta JCI 8001, correspondendo a cada altura do trabalho, 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1,00 m, 1,25 m e 1,50 m.

A estrutura piramidal é construída com chapa de metal, e dividida em 6 módulos, cada módulo possui o comprimento em relação ao ângulo de abertura da projeção do jato de pulverização, com a intenção de capturar todo o volume pulverizado (Tabela 3). Cada módulo é encaixado de forma prática e lógica, da qual faz com que a estrutura forme uma pirâmide, quando todas as partes estão montadas, intitulada como estrutura piramidal.

Tabela 3: Características métricas da estrutura piramidal: Relação entre o diâmetro do jato de pulverização e base de coleta.

Altura	Largura lateral	Comprimento horizontal	Largura lateral	Comprimento horizontal
0,25 m	0,44 m	0,94 m	1,00 m	1,50 m
0,50 m	0,88 m	1,38 m	1,45 m	1,94 m
0,75 m	1,32 m	1,82 m	1,88 m	2,39 m
1,00 m	1,75 m	2,26 m	2,32 m	2,82 m
1,25 m	2,19 m	2,70 m	2,75 m	3,24 m
1,50 m	2,60 m	3,14 m	2,69 m	3,20 m

Fonte: Autora, 2024

A estrutura piramidal possui um comprimento de 3,20 m, na horizontal e 2,69 m na diagonal, uma altura na vertical de 1,55 m, e a base tem 0,40 m (Figura 9).

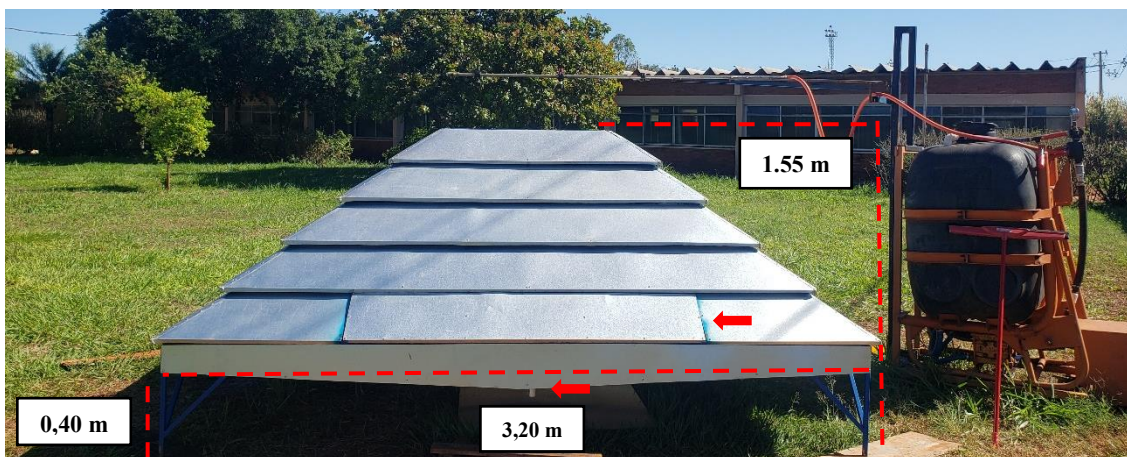




Figura 9. Visualização da estrutura piramidal contendo todos os módulos e especificação métrica da sua dimensão. Foto: Motta, A. B O. (2024).

A estrutura piramidal tem duas aberturas nas laterais, como indicada na seta vermelha, com o tamanho de 0,63 m de comprimento na horizontal e na lateral de 0,28 m. A tampa dessas aberturas é encaixada e após a pulverização são removidas para facilitar a coleta do volume (Figura 9). Os 6 módulos da estrutura piramidal foram especificados de acordo com a altura de trabalho e a projeção do jato de pulverização (Figura 10 a 15).

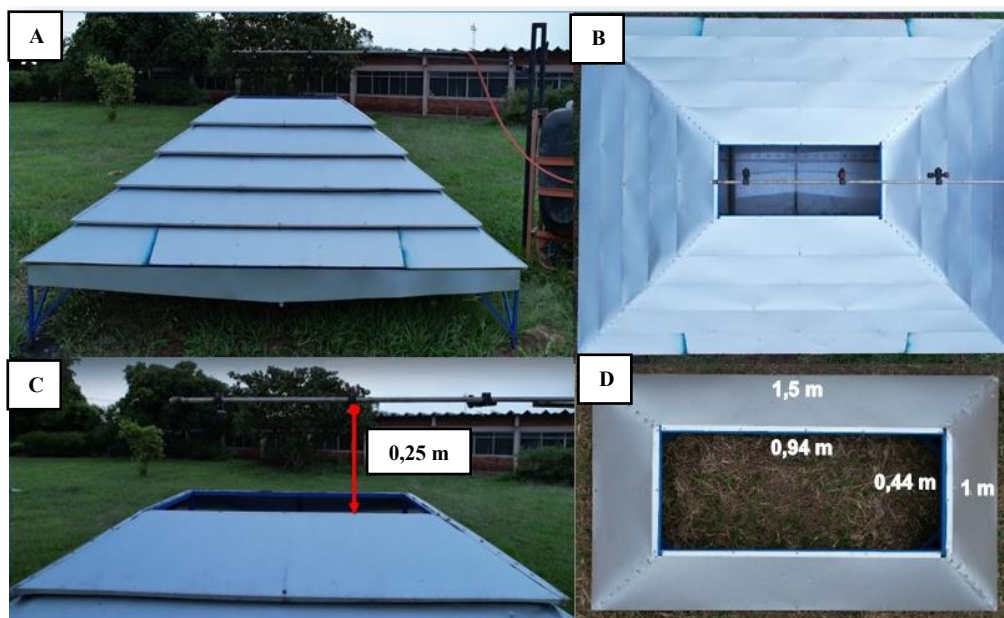


Figura 10. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 0,25 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A.B. O. (2024).

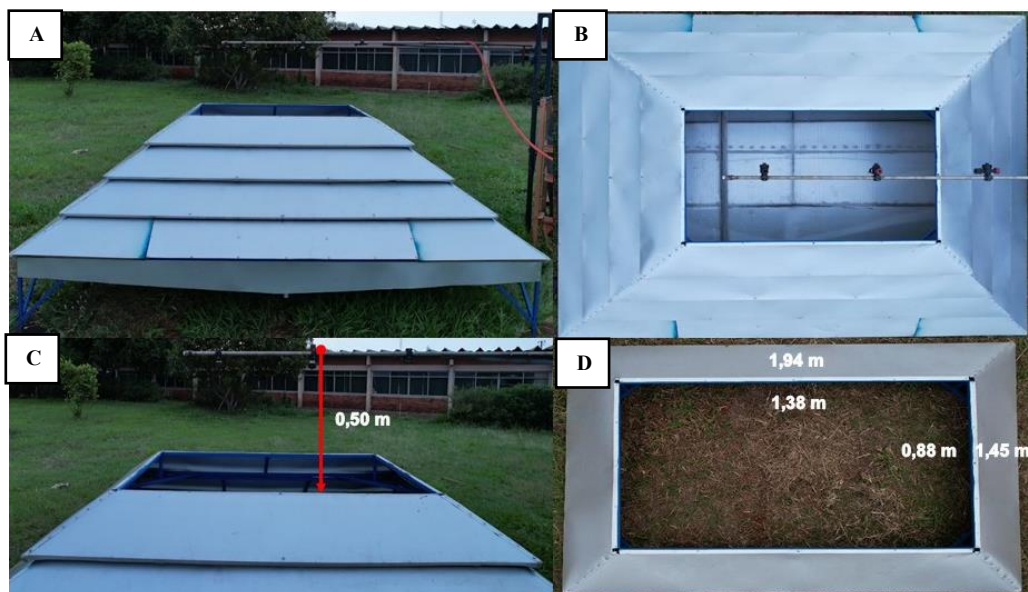


Figura 11. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 0,50 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).

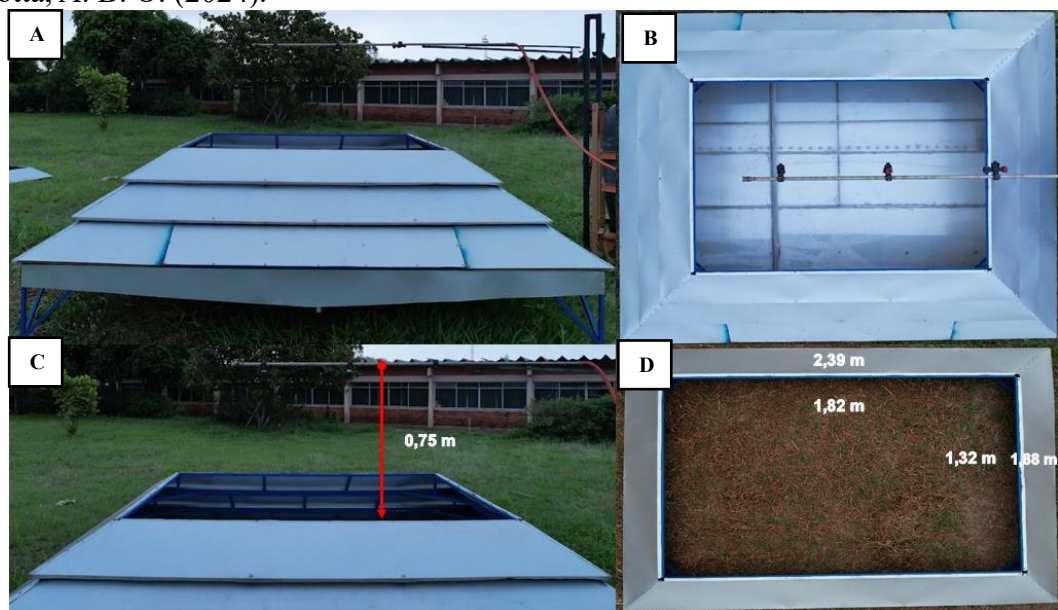


Figura 12. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 0,75 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).

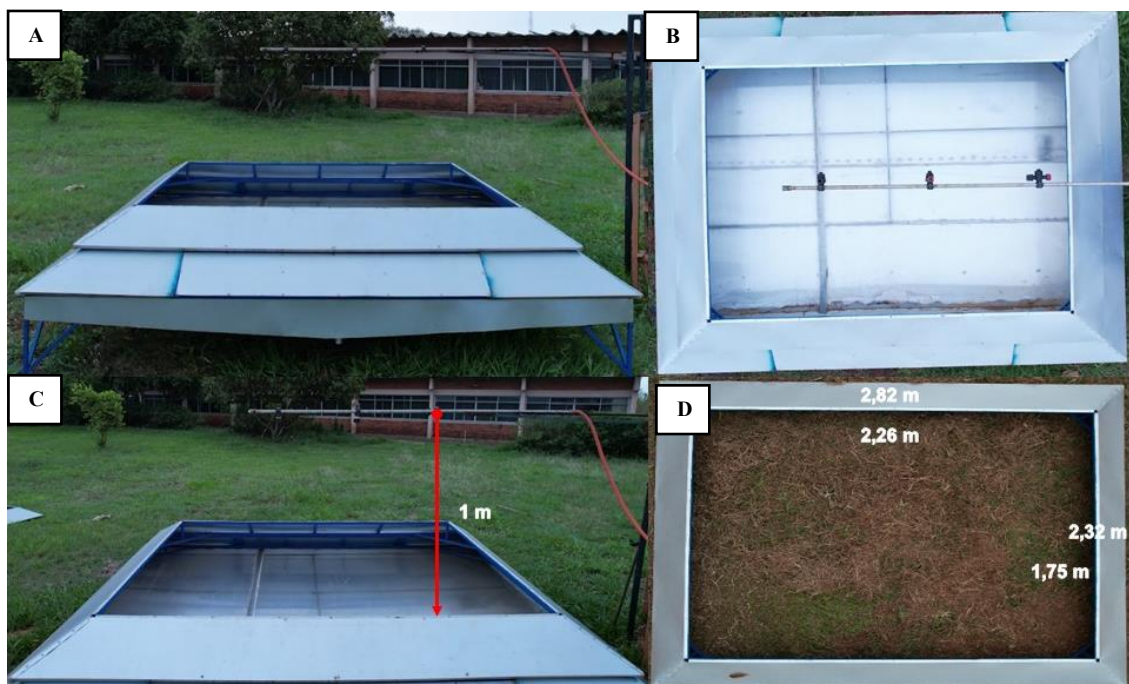


Figura 13. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 1,00 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).

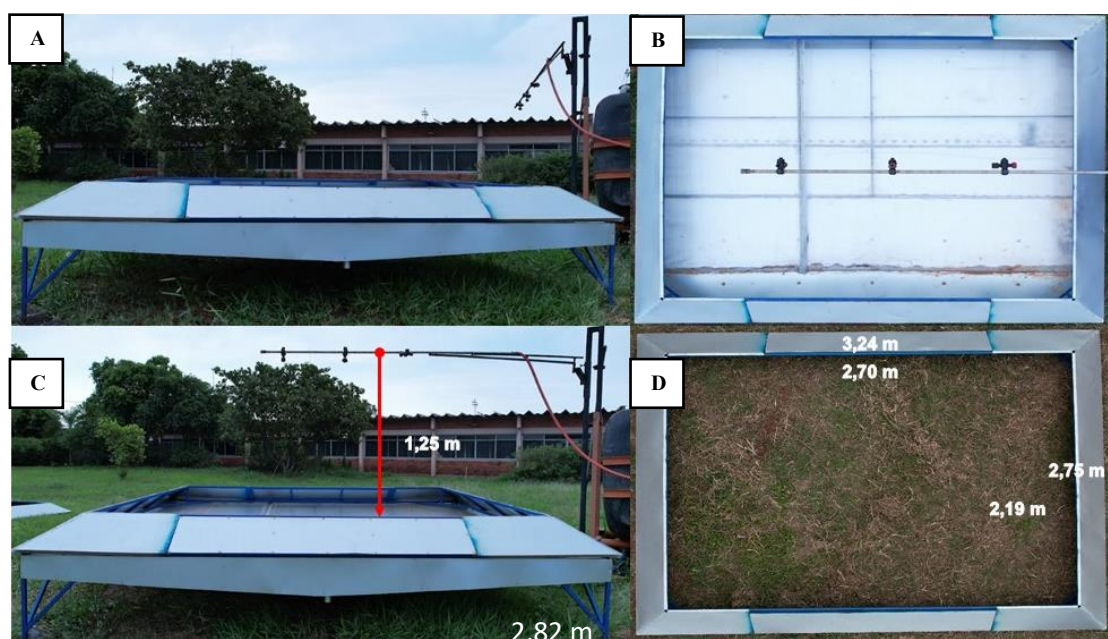


Figura 14. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 1,25 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).

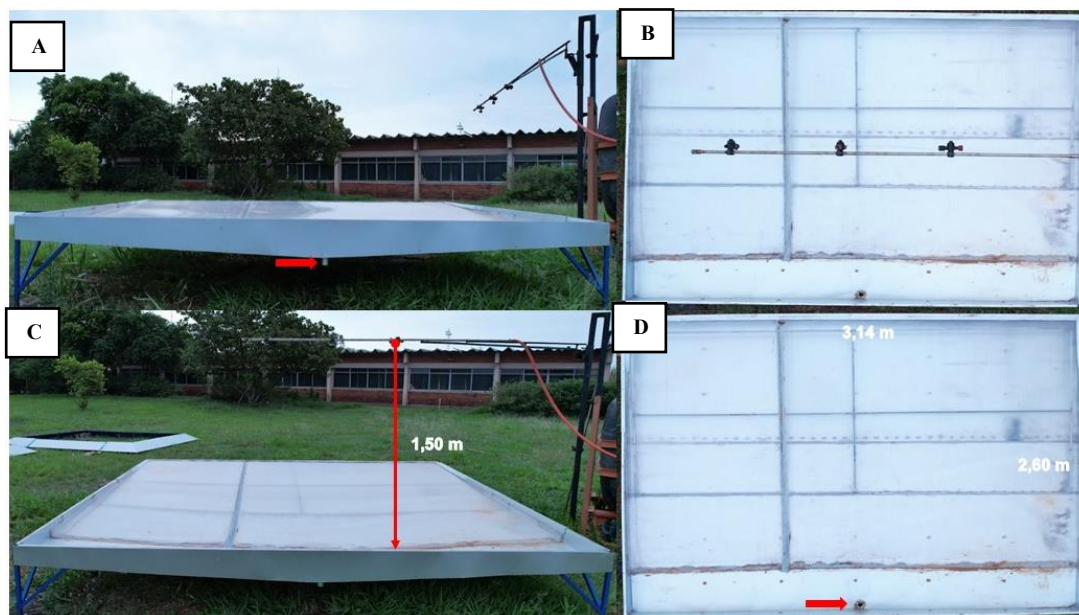


Figura 15. Visualização dos módulos da estrutura piramidal de acordo com o diâmetro do jato de pulverização e da altura da barra de pulverização em 1,50 m. Estrutura completa (A), visualização aérea (B), altura da barra (C) e ângulo de abertura (D). Foto: Motta, A. B. O. (2024).

A base da estrutura foi construída com acrílico, para que as gotas de água escoassem melhor até o orifício (Figura 16). A estrutura foi posicionada abaixo da barra de pulverização com a ponta centralizada a uma altura de 0,25 m para a coleta do líquido pulverizado (água).



Figura 16. Base da superfície de coleta da estrutura piramidal projetada para escoamento do líquido pulverizado. Foto: Motta, A. B. O. (2024).

3.5 Banco de dados das condições meteorológicas

Os dados das condições meteorológicas durante a realização da pesquisa foram obtidos com auxílio da estação meteorológica do modelo Ambient Weather Estação Meteorológica Ultrassônica WiFi, Monitore as condições internas e externas, incluindo

velocidade do vento, direção do vento, precipitação, UV, radiação solar, pressão barométrica, temperatura interna/externa (F e C), umidade interna/externa, ponto de orvalho, índice de calor, sensação térmica e muito mais, alimentado por energia solar (Figura 17).



Figura 17. Modelo do equipamento da estação meteorológica Ambient Weather WS-2902, utilizada durante o experimento, Ambient Weather, Chandler, Arizona, Estados Unidos. Foto: Motta, A. B O. (2024).

A estação meteorológica, ficava localizada na área do experimento a frente da estrutura e direcionada para o norte, a uma distância de 6,40 metros do tanque de pulverização (Figura 18).



Figura 18. Localização da estação meteorológica no campo de trabalho, direcionada para a região norte e a dois metros da altura do solo. Foto: Motta, A. B O. (2024).

A estação meteorológica Ambient Weather, possui um Network, que aloja todos os dados em tempo real, atualizados no período de cinco minutos. Para a anotação dos

dados do nosso experimento, usamos os dados do console da estação meteorológica, pois possibilitou mais dados das condições meteorológicas durante a aplicação.

O console da estação (Figura 19) catalogava os dados a cada 15 segundos, totalizando 20 dados por coleta, resultando em $20 \times 15 = 300$ segundos, sendo, velocidade do vento (m s^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Umidade relativa (%) e a direção do vento.



Figura 19. Descrição do console da estação meteorológica Ambient Weather, com a visualização das respectivas funções, Ambient Weather, Chandler, Arizona, Estados Unidos. Foto: Motta, A. B O. (2024).

Os dados do console da estação meteorológica foram gerados utilizando a seguinte metodologia, um celular smartfone foi posicionado na frente do console da estação meteorológica com um auxílio de um tripé. Após o acionamento da bomba de pulverização, a filmagem do console foi iniciada e mantida por um período de 5 minutos, correspondente ao tempo de pulverização.

Essa abordagem foi necessária devido à atualização do site Ambient Weather, ocorrer a cada 5 minutos, o que inviabilizava a análise precisa das influências meteorológicas em intervalos menores. As filmagens garantiram o registro contínuo e detalhado dos dados climáticos para cada coleta realizada.

Todos os dados coletados foram registrados em uma planilha no Excel, totalizando 20 dados de cada variável por repetição para as vinte coletas realizadas nos dois períodos.

Os registros das análises da direção do vento em relação à localização da estrutura piramidal correspondem N (Norte) – 0° , NNE (Norte-Nordeste) – $22,5^{\circ}$, NE (Nordeste) – 45° , ENE (Leste-Nordeste) – $67,5^{\circ}$, E (Leste) – 90° , ESE (Leste-Sudeste) – $112,5^{\circ}$, SE (Sudeste) – 135° , SSE (Sul-Sudeste) – $157,5^{\circ}$, S (Sul) – 180° , SSW (Sul-Sudoeste) – $202,5^{\circ}$, SW (Sudoeste) – 225° e WSW (Oeste-Sudoeste) – $247,5^{\circ}$, W (Oeste) – 270° ,

WNW (Oeste-Noroeste) – 292,5°, NW (Noroeste) – 315° e NNW (Norte-Noroeste) – 337,5°.

Para ter uma maior relação as direções dos ventos, foram classificadas e divididas em quatro grupos: Frontal Norte (NNO – N – NNE), Frontal Sul – (SSO – S – SSE), Frontal Oeste – (NO – ONO – O – OSO -SO), Frontal Leste (E- ESE- SE -NE – ENE), em relação ao ângulo em graus da direção do vento serem mais centralizadas em relação a estrutura piramidal.

3.6 Coleta do volume aplicado

A estrutura piramidal foi posicionada com um leve declínio, para que todo o volume do liquido pulverizado (água) escoasse para o orifício. Dependendo da altura da estrutura, as gavetas foram removidas para facilitar a coleta com o auxílio de rodos.

A coleta do volume pulverizado foi realizada por meio da seguinte metodologia: 1- Acionamento da bomba de pulverização por 5 minutos, após o período do tempo estipulado a aplicação foi interrompida. 2- Início da coleta no tempo de 5 minutos. 3- Pesagem do recipiente com o volume coletado. 4- Anotação dos dados de coletas e das condições meteorológicas (Figura 20).



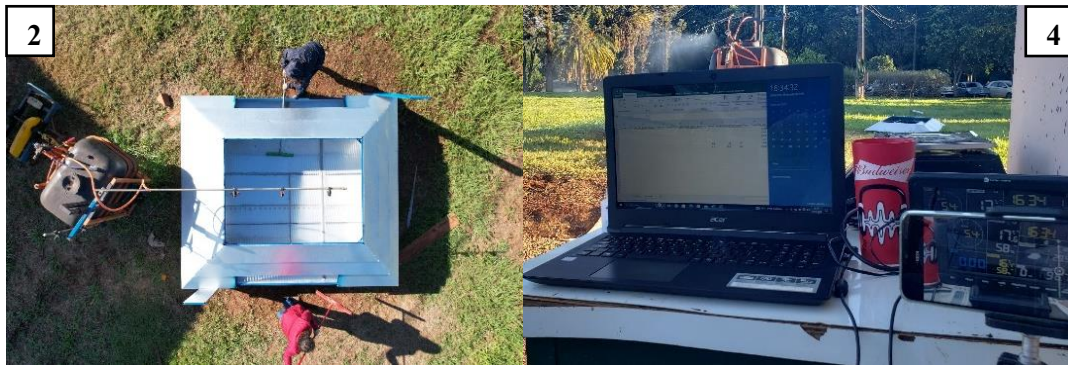


Figura 20. Esquema do processo de pulverização e coleta do volume. Aplicação da pulverização (1), Coleta do volume (2), Pesagem do volume coletado (3), anotação dos dados coletados (4). Foto: Motta, A. B O. (2024).

Após o término da primeira coleta, foi reiniciada a sequência até completar as 10 coletas realizadas no período da manhã e as 10 coletas do período da tarde (Figura 21).

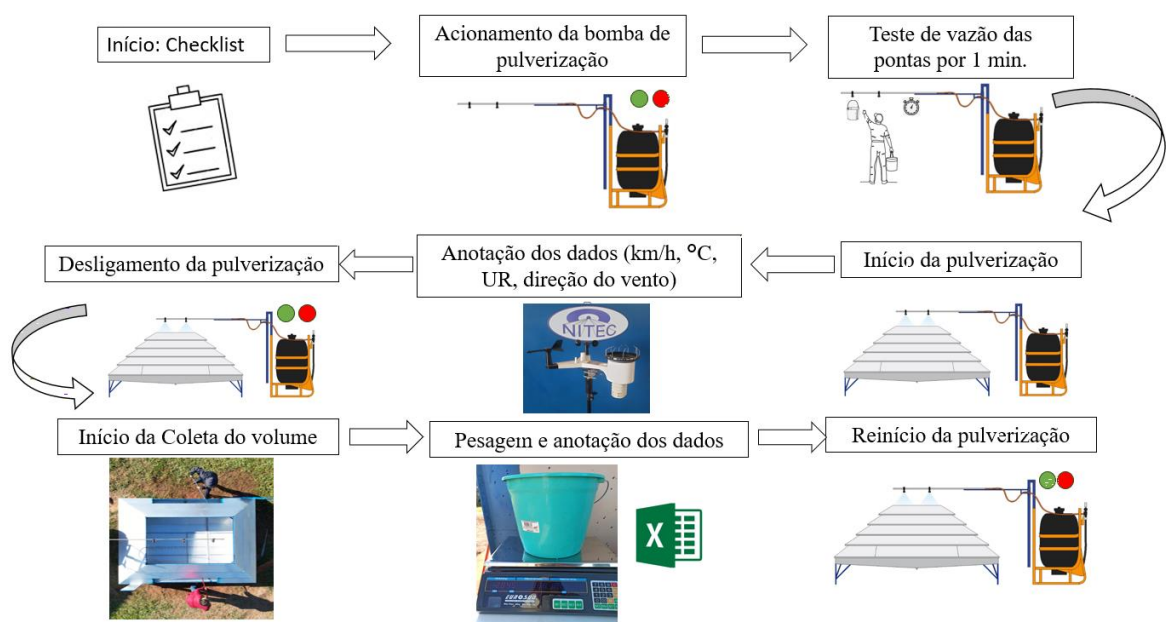


Figura 21. Fluxograma da metodologia de coleta em relação ao deslocamento da projeção do jato de pulverização. Foto: Motta, A. B O. (2024).

3.7 Análise estatísticas

A análise dos dados consistiu em avaliar as relações entre as variáveis meteorológicas (velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa) e o efeito no deslocamento da projeção do jato de pulverização. A análise de correlação de Pearson ($p < 0,05$), utilizada para investigar a força e a direção das associações lineares e seus

respectivos coeficientes de valores de p foram calculados e interpretados para verificar a significância estatística.

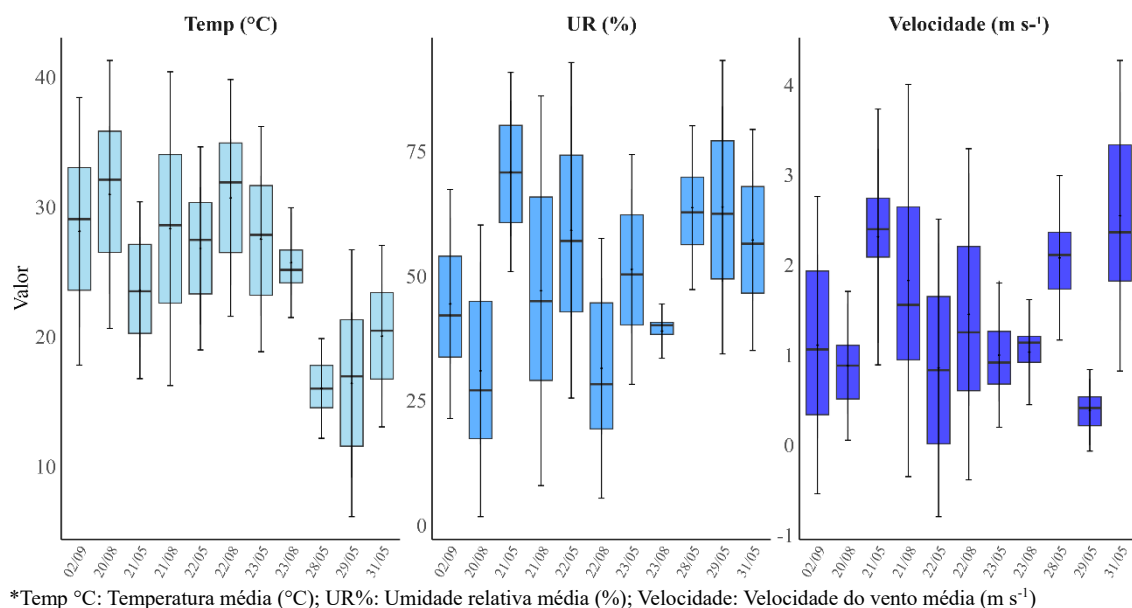
A análise de cluster foi conduzida com a utilização de uma abordagem de formato elíptico, o que permite identificar padrões e tendências nos dados de maneira visual e estatística, entre a influência da velocidade e direção do vento sobre o volume coletado.

Análises dos componentes principais (ACP) foram utilizadas para analisar as variáveis, velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e altura em relação ao volume coletado. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Development Core Team, 2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas

As médias externas durante a realização do experimento foram analisadas e processadas, dentre o período das coletas que começaram no dia 21/05/2024 e finalizadas no dia 02/09/2024. A média da temperatura foi de acordo aos 11 dias de coletas, correspondente a 24,9 °C, umidade relativa a 51,4% e a média da velocidade do vento de 1,43 m s⁻¹.



*Temp °C: Temperatura média (°C); UR%: Umidade relativa média (%); Velocidade: Velocidade do vento média (m s⁻¹)

Figura 22. Dados médios das condições meteorológicas da temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade de vento durante o experimento.

As condições consideradas favoráveis no momento da aplicação têm as temperaturas entre 15°C e 30°C e umidade relativa acima de 55%. Algumas recomendações sugerem que as aplicações devem ser realizadas quando a velocidade do vento estiver entre 3 e 10 km/h (0,83 e 2,77 m s⁻¹), para minimizar os riscos de deriva (Balsari et al., 2016; Jacto, 2019; Antuniassi et al., 2019; Raetano et al., 2011).

Para uma análise mais detalhada dos testes realizados, as variáveis relacionadas às alturas da barra de pulverização e às condições meteorológicas foram organizadas em tópicos. Essa abordagem permitiu considerar as particularidades de cada período, uma vez que as condições meteorológicas e as alturas da barra variaram ao longo dos testes.

4.2 Análise da Correlação de Pearson em relação as condições meteorológicas e o volume coletado

Os resultados das análises de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$), entre as variáveis meteorológicas, temperatura (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m s⁻¹) em relação ao volume deslocado da projeção do jato de pulverização/volume coletado (L).

Nos resultados (Tabela 4), podemos interpretar o valor de r como uma relação forte entre a variável velocidade do vento e volume deslocado do jato de pulverização, influenciando diretamente no volume coletado, possuindo um valor de $p < 0,05$ (significativo), para todas as alturas, demonstra uma correlação positiva, chegando a um coeficiente de $r = 0,98$ para a altura da barra de 0,50 m, e o menor sendo $r \geq 0,53$ para a altura da barra em 0,25 m.

Para as variáveis meteorológicas, umidade relativa (UR) e temperatura, podemos observar um padrão de correlação, sendo inversamente influenciável em relação a uma sob a outra. Quando a temperatura aumenta, a umidade tende a diminuir. Podemos ver essa relação nos intervalos dos valores, pois a temperatura influencia o movimento do ar e sua umidade relativa; normalmente, o aumento da temperatura resulta na diminuição da umidade relativa (Nuyttens, 2007).

Altas temperaturas indicam uma relação forte ou moderada em relação ao deslocamento do jato de pulverização, tendo influência no volume coletado, chegando a valores de um coeficiente de $r > 0,94$ e uma relação negativa de $r \leq -0,94$, quando temos umidade elevada.

A UR segue o mesmo padrão, impactando em períodos de menores índices de umidade relativa do ar, chegando a valores de um coeficiente $r > 0,94$ e uma relação negativa de $r < -0,93$. Em geral, valores de $p < 0,05$, indicaram significância estatística, enquanto $p \geq 0,05$ indicaram ausência de significância. Para a altura de 0,25 m, todas as variáveis relevantes tem relação significativa, com $p < 0,05$.

Tabela 4: Resultados da análise da correlação de Pearson e da significância estatística ($p < 0,05$), em relação as variáveis meteorológicas no deslocamento do volume do jato de pulverização.

Altura (m)	Velocidade (m s ⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
0,25	r=0,53	r=0,57	r=-0,56
0,25	p=0,01	p=0,00	p=0,01
0,25	R ² =0,25	R ² =0,28	R ² =0,27
0,50	r=0,85	r=-0,24	r=0,23
0,50	p=1,295e-06	p=0,29	p=0,31
0,50	R ² =0,72	R ² =0,00	R ² =0,00
0,50	r=0,89	r=0,57	r=-0,63
0,50	p=0,00	p=0,08	p=0,04
0,50	R ² =0,77	R ² =0,24	R ² =0,32
0,50	r=0,98	r=-0,93	r=0,94
0,50	p=1,311e-14	p=2,003e-09	p=5,915e-10
0,50	R ² =0,96	R ² =0,86	R ² =0,88
0,75	r=0,87	r=-0,81	r=0,79
0,75	p=4,327e-07	p=9,807e-06	p=2,688e-05
0,75	R ² =0,75	R ² =0,65	R ² =0,61
1,00	r=0,95	r=-0,58	r=0,58
1,00	p=7,234e-11	p=0,00	p=0,00
1,00	R ² =0,90	R ² =0,30	R ² =0,30
1,00	r=0,95	r=-0,93	r=0,93
1,00	p=1,484e-10	p=1,549e-09	p=2,803e-09
1,00	R ² =0,89	R ² =0,86	R ² =0,85
1,25	r=0,96	r=0,94	r=-0,94
1,25	p=5,873e-12	p=4,482e-10	p=4,279e-10
1,25	R ² =0,92	R ² =0,88	R ² =0,88
1,50	r=0,74	r=0,00	r=-0,04
1,50	p=0,00	p=0,97	p=0,86
1,50	R ² =0,53	R ² =-0,05	R ² =-0,05
1,50	r=0,93	r=-0,37	r=0,33
1,50	p=8,567e-10	p=-0,37	p=0,15
1,50	R ² =0,87	R ² =0,09	R ² =0,06
1,50	r=0,93	r=-0,37	r=0,33
1,50	p=8,567e-10	p=-0,37	p=0,15
1,50	R ² =0,87	R ² =0,09	R ² =0,06

O Coeficiente de correlação de Pearson (r): $r = \pm 1$ relação linear perfeita; $r = \pm 0,70$ relação linear forte; $r = \pm 0,50$, relação linear moderada; $r = \pm 0,30$ relação linear fraca; $r = 0$ ausência de relação linear. Valor de p: $p < 0,05$ (significativo) e $p > 0,05$ (não significativo).

Na altura de 0,50 m, apenas a velocidade do vento teve significância em todos os dados avaliados, enquanto umidade (UR) e temperatura não foram altas em 29/05/2024, mas se mostraram relevantes em 23/08/2024 e 02/09/2024. Para uma altura de 0,75 m, todas as variáveis foram significativas.

De 1,00 a 1,25 m, todas as medições também foram significativas, correlações fortes em velocidade do vento, e variando na umidade e temperatura. No entanto, a 1,50 m, apenas a velocidade se manteve significativa, enquanto a umidade e a temperatura foram $p \geq 0,05$ em todas as datas.

A temperatura e a umidade relativa do ar exercem grande influência sobre a direção das gotas, estando diretamente relacionada à sua evaporação (Adegas, 2020). Juntamente com a evaporação, a deriva é principalmente afetado pela velocidade do vento e pelo modelo das pontas de pulverização (Jomantas et al., 2023).

As condições meteorológicas adequadas para a aplicação podem variar consideravelmente com as características meteorológicas de lugar para lugar e durante o ano na mesma área de cultivo (Silva, Oliveira e Gandolfo, 2018).

Para uma umidade relativa constante, temperaturas mais baixas resultam em valores de deriva mais elevados, uma conclusão surpreendente explicada pela forte correlação entre temperatura e umidade relativa. Nosso estudo corrobora com esses resultados, pois com as correlações de Pearson demonstraram que a presença de umidade baixa ou temperatura alta tem influência no volume coletado.

Estudos feitos a partir de 27 aplicações simuladas de fitossanitários realizadas a campo, constataram que o aumento da umidade relativa, juntamente com a diminuição da velocidade do vento e da temperatura, resultou na redução da deriva (Nuyttens et al., 2006).

A evaporação de gotas, juntamente com a deriva, pode representar de 45 a 59 % de perda do volume aplicado (Alves et al., 2008; Chaim et al., 2000). Em ensaios para medir a influência das condições meteorológicas, observou-se que nas temperaturas mais altas e umidade relativa mais baixa, que a quantidade de deriva coletada foi significativamente reduzida (Balsari et al., 2007). Em nosso trabalho o efeito da temperatura foi inversamente na mesma proporção da umidade, influenciando em ensaios e períodos diferentes uma da outra.

Em alguns estudos realizados no *campus* Luiz Meneghel, com bancada de *Bench test*, demonstraram que modelos ajustados, da variação da deriva, após a adição da UR

teve um aumento de 11%, totalizando assim 69% de explicação da variação da deriva ($p \leq 0,05$) do ar baixa e a pressão de trabalho alta foram os fatores mais determinantes no aumento da deriva usando as pontas ATR 2.0, XR11002 e AIXR11002 e a altura da barra não influenciou na deriva (Precipito et al., 2019).

Por outro lado, em outro estudo realizado, a umidade e a velocidade do vento apresentaram uma correlação negativa com a cobertura, ou seja, quanto maior a umidade e a velocidade do vento, menor a cobertura. O depósito das gotas foi influenciado primordialmente pela velocidade do vento, umidade e a temperatura do ar, a umidade apresentou a menor influência (Silva, 2023).

Conforme citado nos estudos anteriores, alguns de nossos testes em relação a variável UR, possui valores positivos de r e p -value, demonstrando que áreas com alta umidade têm um comportamento distinto de outras variáveis e podem representar condições meteorológicas ou operacionais específicas, o que influencia diretamente no efeito do depósito e deriva.

As condições psicrométricas são tão importantes que trabalhos mostram que o tempo para a evaporação das gotas aumenta exponencialmente com o aumento da umidade relativa do ar, com registro de valores que chegam a 153% quando se aumenta a UR de 30 para 90% (Yu et al., 2009a; Yu et al., 2009b). Além destas condições, o tamanho das gotas também tem grande influência sobre estas perdas (Xu et al., 2010; Yu et al., 2009a; Yu et al., 2009b). Yu et al. (2009b) mostraram que o tempo de evaporação pode ser elevado em torno de 9,2 vezes quando o diâmetro da gota é aumentado em 3,6 vezes. A evaporação de gotas, juntamente com a deriva, pode representar de 45 a 59 % de perda do volume aplicado (Alves et al., 2008; Chaim et al., 2000).

4.2.1 Análise da regressão em relação à altura da barra e volume deslocado do jato de pulverização

A relação entre a altura da barra (m) e o volume deslocado (L), mostrando uma tendência crescente. O coeficiente 1,58 representa o volume deslocado quando a altura da barra é zero (intercepto). O coeficiente 2,29 indica que, para cada aumento de 1 metro na altura da barra, o volume deslocado aumenta em 2,29 L.

O valor de 0,79 sugere que 79% da variação no volume deslocado é explicado pela altura da barra. Isso indica um ajuste relativamente forte do modelo aos dados.

O valor de $p < 0,05$ indica que a relação entre altura da barra e volume deslocado é estatisticamente significativa para um nível de confiança de 95%.

A uma relação positiva entre altura da barra e volume deslocado, a tendência mostra que com o aumento da altura da barra leva a um maior deslocamento do volume (Figura 23).

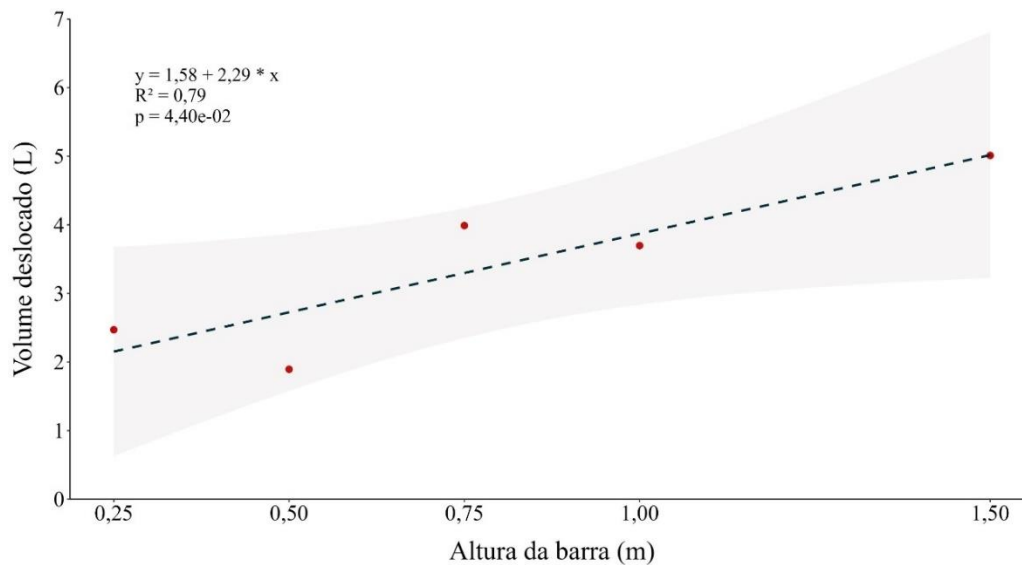


Figura 23. Análise da regressão linear em relação à altura da barra (m) de pulverização e do volume deslocado (L).

A relação entre a velocidade do vento (m/s) e o volume deslocado (L) para diferentes alturas da barra de frequência (m). As curvas ajustadas indicam que o volume deslocado varia de acordo com a velocidade do vento e a altura da barra, indicando um comportamento não linear (Figura 24).

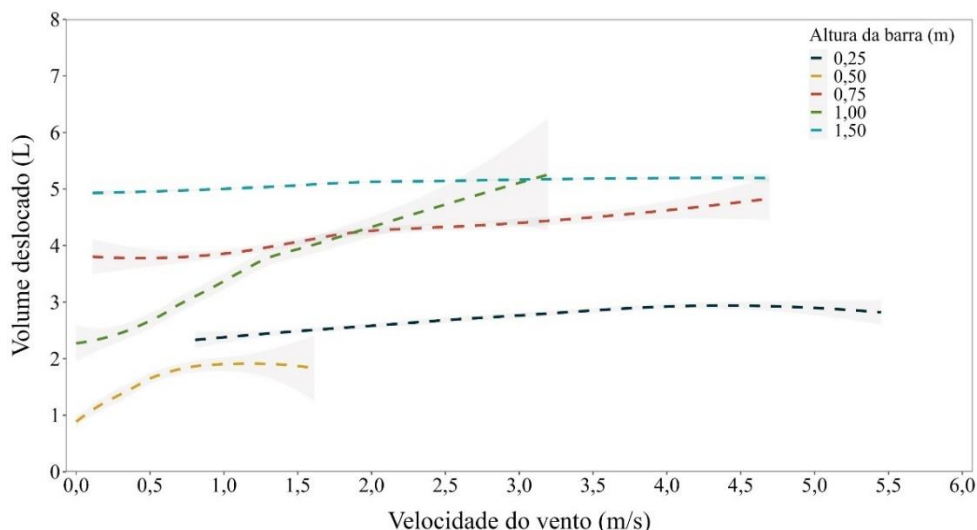


Figura 24: Relação entre velocidade do vento (m s^{-1}) e alturas de barra no deslocamento do volume aplicado

Observe-se que, para alturas menores da barra (0,25 a 0,50 m), o volume deslocado é mais baixo e tende a aumentar com a velocidade do vento, atingindo um ponto de estabilização. Na altura de 0,25 e 0,50 m, obtemos a média do volume deslocado do jato de pulverização de aproximadamente 51,66% e 40,7%.

Para alturas movimentadas (0,75 a 1,00 m), o volume deslocado também cresce com a velocidade do vento, de maneira linear, conforme for aumentando a velocidade do vento e altura da barra a tendência do volume deslocado é aumentar.

Já para uma altura de 1,50 m, o volume deslocado se mantém relativamente constante ao longo da variação da velocidade do vento, demonstrando que nessa altura da barra a intensidade do vento não será o principal fator de impacto.

Esses resultados mostram que a altura da barra influencia diretamente a quantidade de líquido deslocado e que a interação entre a velocidade do vento e a altura da barra pode afetar a eficiência da interação.

Um estudo realizado por Grella et al., (2020), utilizando um pulverizador de barra a 0,50 m de altura acima do solo, demonstrou que a deriva da pulverização gerada foi, em média, três vezes superior à gerada durante a aplicação de pulverização destinada apenas ao controle, com a barra a 0,25 m de altura. Estudos realizados por Balsari et al., (2016), também constatou que os maiores valores de potenciais de deriva foram nas alturas de barra acima de 0,75 m. Para as alturas de barra de pulverização com 1,50 m, a maior influência no deslocamento do jato, mesmo em condições de pouco vento.

O efeito da altura da barra do pulverizador na deriva da pulverização também foi demonstrado por Jong et al. (2000). A melhor altura para as pontas de densidade, de acordo com os resultados indicados, varia entre 0,35 e 0,65 m. Essa faixa de altura é considerada a mais abrangente para obter alta uniformidade na economia e minimizar as perdas fora da zona alvo (Zwertvaegher et al., 2022). Outro estudo indica que os melhores resultados foram para ponta ATR nos espaçamentos de 0,4 e 0,6 m (Massola et al., 2018).

Outros estudos corroboram com essas análises, um estudo realizado com as pontas XR 11002, AI 11002 e ATR amarela, demonstraram que os maiores valores de deriva (em torno de 50%) foram medidos na barra de pulverização a 1,00 m. E quando a altura da barra diminuiu, a incidência de deriva de pulverização reduziu consideravelmente (Balsari et al., 2007).

Esses resultados corroboram com as análises realizadas, onde as alturas da barra de pulverização menores que 0,75 m tem efeito menor na deriva e no deslocamento do jato de pulverização. O tipo de ponta, bem como a pressão de pulverização, a velocidade de condução e a altura da barra de pulverização, têm um efeito importante na quantidade de deriva da pulverização. Tamanhos maiores de pontas, pressões de pulverização e velocidades de condução e alturas mais baixas da barra de pulverização geralmente reduzem a deriva da pulverização. Os resultados da deriva estão intimamente ligados às características do tamanho das gotas da pulverização (Nuyttens et al., 2007).

4.2.2 Análise de Componentes

A Análise de Componentes Principais (ACP) mostra a relação entre as variáveis quantitativas (Velocidade do Vento, Umidade, Temperatura, Altura da barra de pulverização em relação ao Volume Coletado).

Os resultados demonstraram a quantidade de variância capturada por cada dimensão (PCA1 e PCA2). O PCA1, corresponde à variância de 42,56%, e o PCA2, resulta de 36,5%, e a soma acumulativa da variância corresponde a 79,06%. Isso significa que a maioria da variação nos dados pode ser compreendida por esses dois eixos (Tabela 16).

As variáveis temperatura e umidade, contribuem mais significativamente para essa dimensão, com 40,65% e 28,23%, (Dimensão 1). A variável velocidade tem uma alta contribuição (41,61%), seguida pelo volume (36,68%) (Dimensão 2). A variável altura

domina com 57,38% da contribuição (Dimensão 3). A variável volume é a principal contribuinte, com 50,08%, seguida por velocidade (34,22%) (Dimensão 4). A temperatura tem maior contribuição, com 48,08%, seguida pela umidade (41,70%) (Dimensão 5) (Tabela 16).

Tabela 16. Resultados da variância capturada por cada dimensão em relação as variáveis

Variável	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.1 (%)	Dim.2 (%)	Dim.3 (%)	Dim.4 (%)	Dim.5 (%)
Altura (m)	0.6348	0.3127	0.6925	0.1151	-0.0804	18.93	5.36	57.38	9.81	8.52
Velocidade (m s ⁻¹)	0.0085	0.8715	-0.4399	0.2149	-0.0278	0.00	41.61	23.15	34.22	1.02
Temperatura (°C)	0.9301	-0.2769	-0.1205	0.0848	0.1910	40.65	4.20	1.74	5.33	48.08
Umidade (%)	-0.7752	0.4708	0.3808	0.0275	0.1779	28.23	12.15	17.35	0.56	41.71
Volume (L)	-0.5092	-0.8182	0.0561	0.2601	-0.0226	12.18	36.68	0.38	50.09	0.67

*Coord.: Coordenada / Contrib.: Contribuição (%).

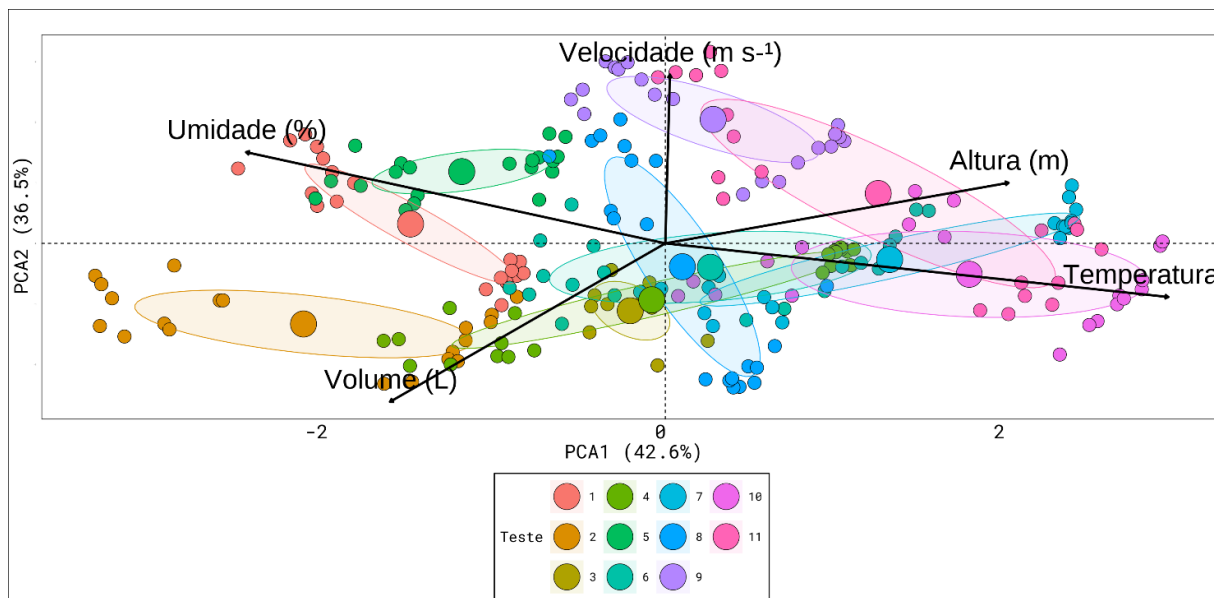
A velocidade do vento e altura estão fortemente correlacionadas entre si e direcionadas mais para o PCA1 (setas próximas e na mesma direção). O volume coletado (L) contribui mais níveis para o PCA1, o que significa que quanto maior o volume coletado, menor é o impacto das outras variáveis ao longo desse eixo. A temperatura é mais compatível com PCA1, mas tem influência menor que velocidade do vento e altura (Figura 58).

A umidade contribui mais para o PCA2, estando praticamente perpendicular às variáveis no PCA1. Isso indica que a umidade explica uma parte da variação nos dados que não é explicada pela velocidade do vento, altura ou volume coletado.

As áreas 1, 2 e 3 estão mais associadas à umidade (valores mais altos ao longo do PCA2). As áreas 9, 10 e 11 estão associadas a valores mais altos de velocidade do vento e altura, consequentemente menor volume coletado. As áreas que aparecem mais à esquerda (4, 5 e 6) podem ter menor volume coletado e valores moderados de outras variáveis.

A velocidade do vento e altura têm uma relação positiva forte (ângulo pequeno entre as setas). O volume coletado tem uma relação inversa com velocidade do vento e altura (setas apontadas em objetos opostos). A temperatura tem uma relação positiva moderada com velocidade do vento e altura. A umidade está praticamente não

correlacionada com velocidade do vento, altura ou temperatura (ângulo próximo de 90 graus).



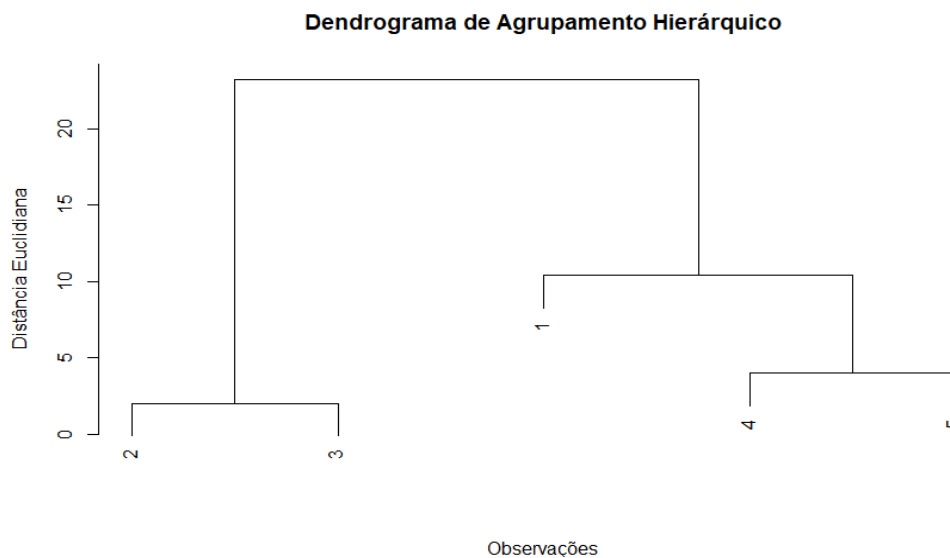
*11 alturas de teste: 1: 0,25m / 2-4: 0,50m / 5: 0,75m / 6-7:1,00 m / 8:1,25 m / 9-11: 1,50 m.

Figura 25. Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis meteorológicas e altura da barra em relação ao volume coletados dos testes realizados a campo.

Áreas com alta umidade têm um comportamento distinto de outras variáveis e podem representar condições meteorológicas ou operacionais específicas (PCA 2), corroborando com os estudos realizados por Songchao et al. (2017), Precipito et al., (2019), Silva, (2023), Wang et al. (2020), que enfatizam que as condições meteorológicas, como velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura, podem interferir na qualidade da pulverização, em relação ao depósito e cobertura do produto na cultura.

4.2.3 Agrupamento hierárquico da influência da altura da barra de pulverização e das condições meteorológicas

Para analisar a correlação das variáveis operacionais (altura) com as variáveis meteorológicas, realizamos o método de agrupamento hierárquico Joining. Na primeira análise, trabalhou-se com os dados em coluna, obtendo o dendrograma. Utilizando o método Ward's que minimiza a variação intragrupo e maximiza entre grupos. Na definição dos grupos, adotou-se para o corte a distância euclidiana igual a 11, formando 5 grupos: 1: altura, 2: volume coletado, 3: VVMed, 4: TMed, 5: URMed (Figura 57).



*grupos: 1: Altura, 2: Volume Coletado, 3: VVMed, 4:TMed, 5: URMed.
 Observações:1, 2, 3, 4, 5, 6; Valores:30, 50, 28, 41, 37, 24.

Figura 26. Agrupamento hierárquico dos grupos das variáveis meteorológicas e operacionais em relação ao volume coletado/deslocamento do jato de pulverização.

As variáveis que compõem cada grupo mostram similaridades entre elas em função da distância euclidiana. Para cada variável meteorológica observada no estudo, não apresentaram dissimilaridades entre si, ou seja, não apresentaram amplitudes significativas no momento do experimento em campo. Sendo retratados no mesmo conjunto o grupo 4 (TMed) e 5 (URMed). O grupo 2 e 3 são inversamente proporcionais em seus níveis, assim como analisado na correlação de Pearson. A altura da barra é um fator que complementa esse grupo, mostrando similaridade com as condições meteorológicas e o volume deslocado.

4.3 Análises separadas das alturas da barra de pulverização em relação a velocidade e direção do vento

4.3.1 Altura da barra de pulverização em 0,25 m

As variáveis analisadas foram separadas em tópicos, seguindo das médias das condições meteorológicas, o índice de volume coletado (L), a média do volume deslocado do jato de pulverização, a velocidade do vento e os períodos de rajadas, analisamos a distribuição dessa variável de acordo com as repetições dos testes realizados dentro do padrão estabelecido de aplicação entre $0,83$ e $2,77 \text{ m s}^{-1}$ (Balsari et al., 2016). A condições

consideradas favoráveis no momento da aplicação incluem temperaturas entre 15 e 30°C e umidade relativa acima de 55% (Raetano et al., 2011).

Os testes foram realizados no período de 31/05/2024, com as médias das condições meteorológicas: temperatura em 20,06°C, velocidade do vento em 2,55 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 57,26%. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 51,66%.

Foi observada o maior percentual de volume deslocado da projeção do jato de pulverização na repetição quatro, com o percentual de 61,25%. Que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 2,47 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato entre as repetições são os períodos de rajada, que na repetição 4 estavam com valores entre 5,19 m s⁻¹, o que influenciou na dispersão da gota fina, pois estava acima do padrão estabelecido.

As outras condições meteorológicas não divergiram muito durante esse período, apenas a UR que se encontrava no período da tarde abaixo do indicado (Raetano et al., 2011), o que pode influenciar na volatilização e evaporação das gotas.

A variável que mais influência o deslocamento da projeção do jato de pulverização está relacionado com a velocidade do vento. Visando a maior correlação, analisamos a distribuição dessa variável conforme as repetições dentro do padrão estabelecido de 0,83 e 2,77 m s⁻¹.

As médias do deslocamento do jato de pulverização foram influenciadas pela intensidade do vento e pelas rajadas. As repetições que tiveram maior volume coletado foram as repetições 17, com VVMed de 1,39 m s⁻¹, e a repetição 1, com VVMed de 3,76 m s⁻¹.

Para uma visualização interna dos dados em relação a cada repetição, foram realizadas uma análise de box-plot, distribuição e densidade em relação à velocidade do vento. Os maiores picos na curva indicam as áreas onde os dados estão mais concentrados ou heterogêneos, enquanto vales e planícies indicam menor frequência (homogêneo).

Os pontos coloridos demonstram como os dados estão distribuídos dentro de cada repetição. Os testes 1, 2 e 3 têm geralmente valores mais altos no eixo Y e com alta variação nos dados, enquanto os testes 17, 19 e 20 apresentam valores menores e com pouca variação dos dados (Figura 27), o que influencia diretamente no deslocamento do jato de pulverização.

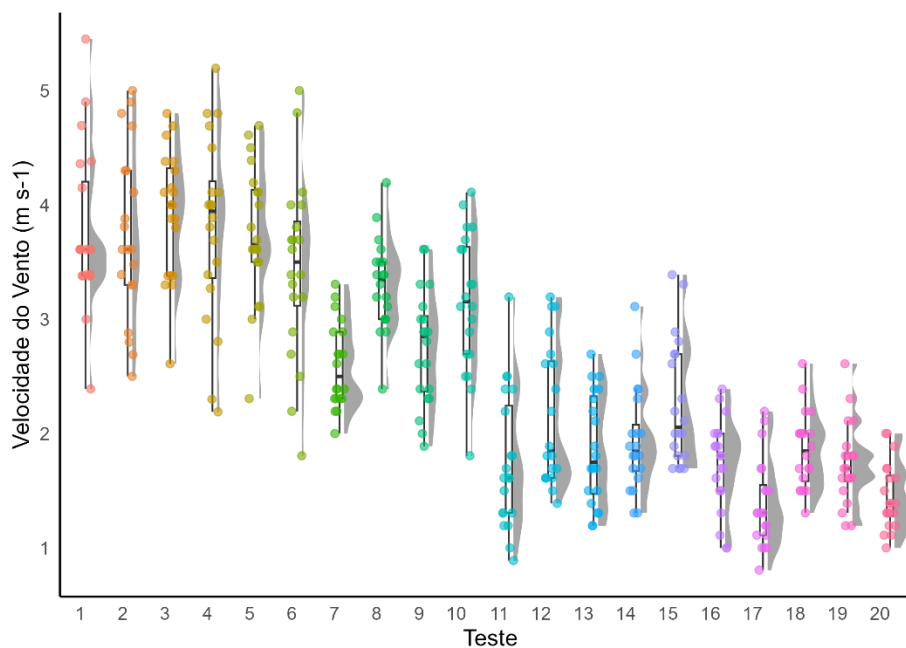


Figura 27. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s-1) em relação a cada repetição na altura de 0,25 m.

4.3.2 Análise da distribuição do vento

Além das condições meteorológicas como temperatura, velocidade do vento e umidade do ar, outro fator que pode influenciar no deslocamento do jato de pulverização é a direção do vento, que tem sido retratada na literatura como um fator determinante na quantidade de deriva (endoderiva ou exoderiva), na aplicação dos defensivos agrícolas contribuindo para a sua dispersão (Langenbach; Caldas, 2018).

Para o teste realizado na altura da barra a 0,25 m, as direções do vento corresponderam a S, SW e SE, e a velocidade de vento varia de 1,4 a 5,4 m s⁻¹ (Figura 28). Esse acompanhamento é fundamental para compreender a localização predominante da direção do vento e identificar a melhor posição para a aplicação de produtos no campo. Essas análises permitem visualizar o deslocamento do jato de pulverização e os efeitos que podem causar endoderiva no campo experimental ou na área de aplicação, resultando em subdoses, ou sobredoses.

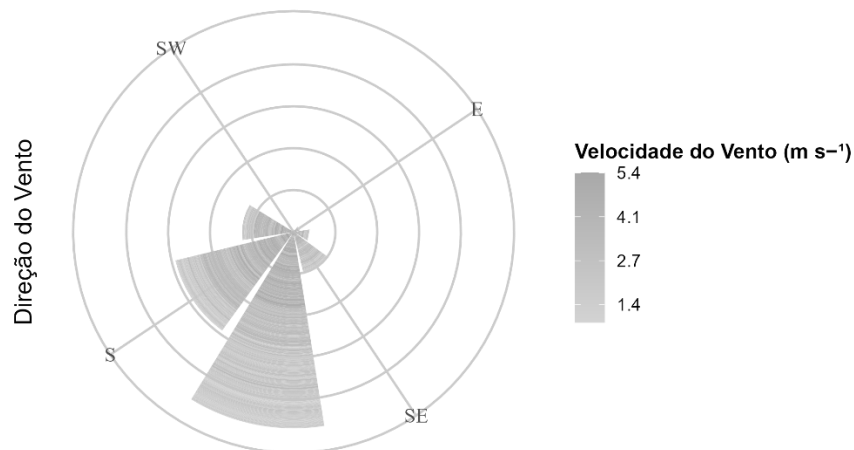


Figura 28. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,25 m.

Na análise de agrupamento (cluster), utilizaram-se as seguintes variáveis: velocidade do vento, direção do vento e volume coletado (L). Com o intuito de analisar a influência dessas variáveis no volume final. Os grupos de ventos presentes em relação à altura da barra em 0,25 m são o frontal, leste, oeste e sul. O grupo frontal S está com uma distribuição mais elevada e heterogênea no gráfico, mas tendo muitos dados distribuídos além da linha de velocidade de vento máxima permitida de aplicação conforme a ISO 22866:2005 (Figura 29).

É importante considerar a direção do vento no momento da aplicação para evitar danos por deriva, e se possível a aplicação deve ser feita quando a direção do vento está contra áreas com culturas sensíveis e evitando alta velocidade do vento (Nuyttens, 2007).

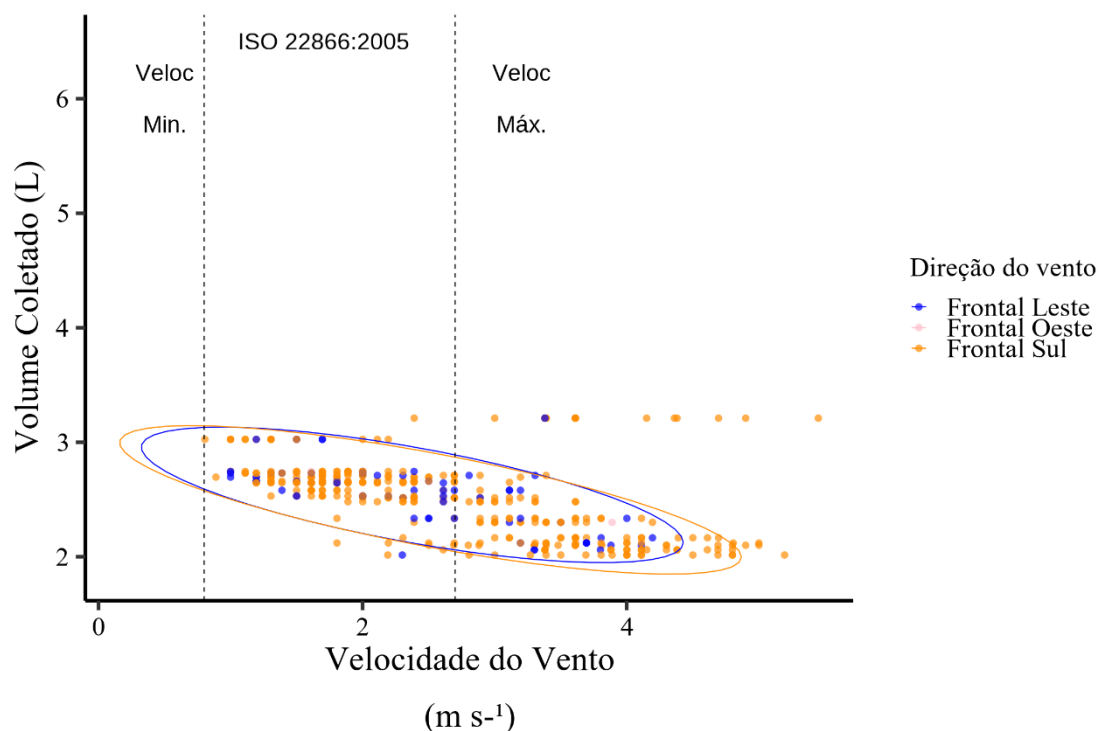


Figura 29. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,25 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.4 Altura da barra de pulverização em 0,50 m

Os testes foram realizados no período de 29/05/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 16,43 °C, velocidade do vento em 0,39 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 63,84%.

O efeito do depósito foi de 73,17%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 26,83%.

Foi observada maior percentual de volume deslocado, de 55,10%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 0,73 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram em 1,11 m s⁻¹, o que influenciou na dispersão da gota fina. A temperatura do ar estava abaixo do recomendado no período da manhã, e a UR se encontrava no período da tarde um pouco abaixo do indicado (Raetano et al., 2011).

As médias do deslocamento do jato de pulverização foram influenciadas pela intensidade do vento e pelas rajadas com VVMed de 0,39 m s⁻¹ e períodos de rajadas de

1,61 m s⁻¹. As repetições que tiveram maior deslocamento do jato foram em função desses fatores. A repetição 20 obteve a constância dos ventos no padrão estabelecido, resultando em um deslocamento menor. Em contrapartida, a repetição 12 teve um deslocamento maior mesmo estando dentro do padrão, mas o que afetou essa repetição foi a presença de rajadas de ventos durante a coleta e uma constância maior nas velocidades mínimas de vento.

Os dados representados no box-plot da velocidade do vento demonstram uma padronização e uma constância, com uma VVMed de 0,39 m s⁻¹, consequentemente tendo uma densidade mais homogênea nos dados, influenciando pouco no volume deslocado (Figura 30).

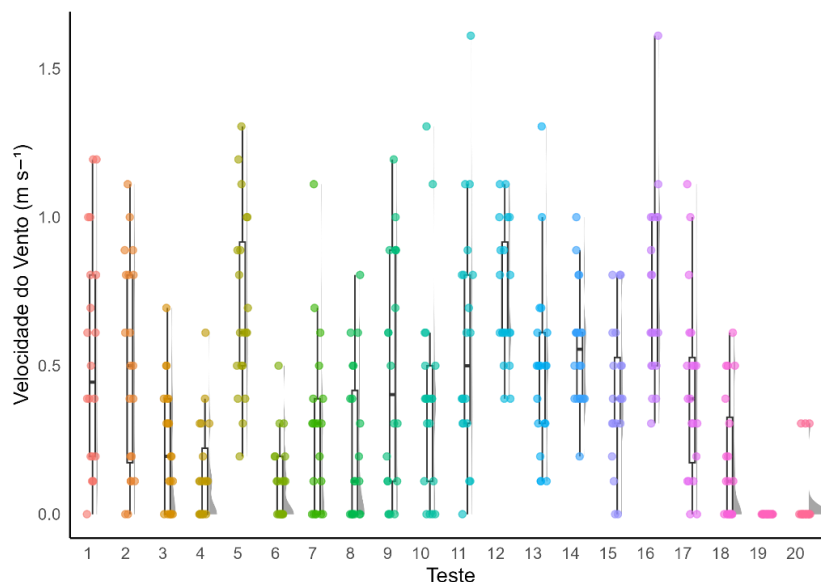


Figura 30. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s⁻¹) em relação a cada repetição na altura de 0,50 m.

4.4.1 Análise da distribuição do vento

As direções do vento presentes: NNW, NW, SW, SSW, W, WNW, S, SE, SSE, E, ESE, N, NE e NNE, e as intensidades da velocidade de vento variam de 0 a 1,61 m s⁻¹ (Figura 31).

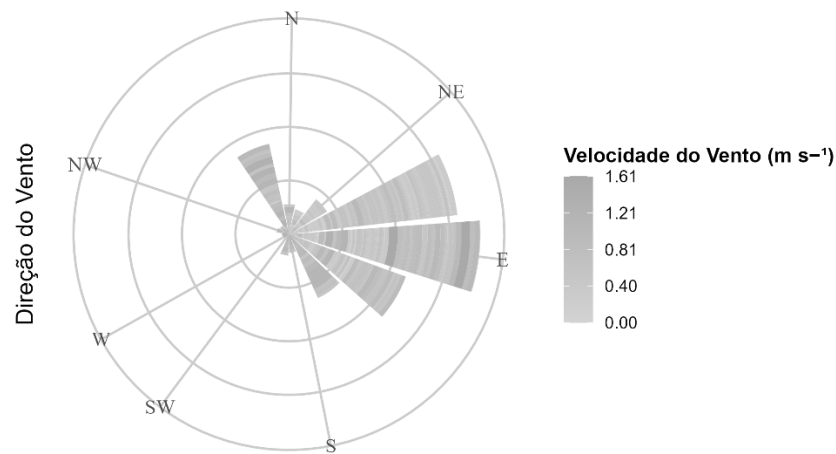


Figura 31. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,50 m.

Na análise de agrupamento (cluster), o grupo frontal leste está localizado nas velocidades do vento menores. Maiores volumes coletados são em grupos presentes dentro dos limites de velocidade mínima e máxima (Figura 32).

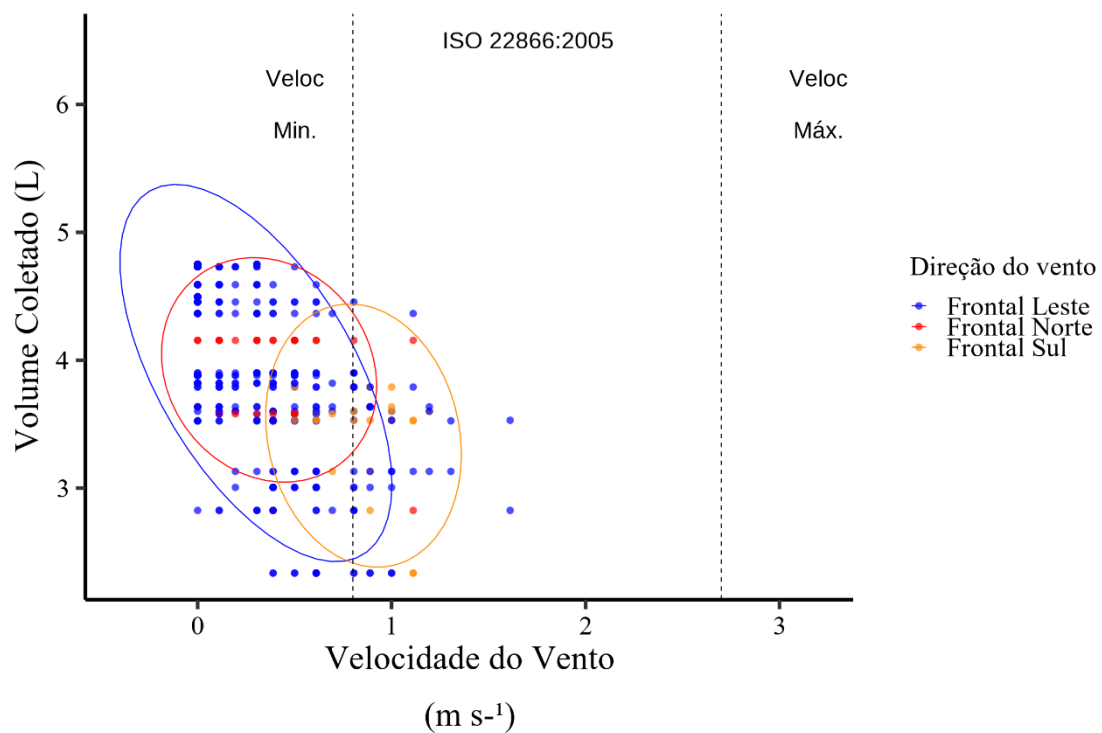


Figura 32. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.4.2 Altura da barra de pulverização em 0,50 m

Os testes foram realizados no período de 23/08/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 25,73 °C, velocidade do vento em 1,04 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 38,9%.

O efeito do depósito foi de 53,43%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 46,57%.

Foi observado o maior percentual de volume deslocado, de 62,50%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 1,35 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram em 2,0 m s⁻¹, o que influenciou na dispersão da gota fina.

Os maiores picos na curva indicam as áreas onde os dados estão mais concentrados. A repetição 9 possui uma média de 0,39 m s⁻¹ e o menor percentual de volume deslocado, pois se encontra com velocidade e período de rajadas menores e a distribuição dessas variáveis está mais uniforme e possuindo uma curvatura maior por conta desse fator. A repetição 8 tem uma distribuição heterogênea dos seus dados, com uma amplitude de valor mínimo de 0 a 3,31 m s⁻¹, demonstrando uma curvatura menor dos dados (Figura 33).

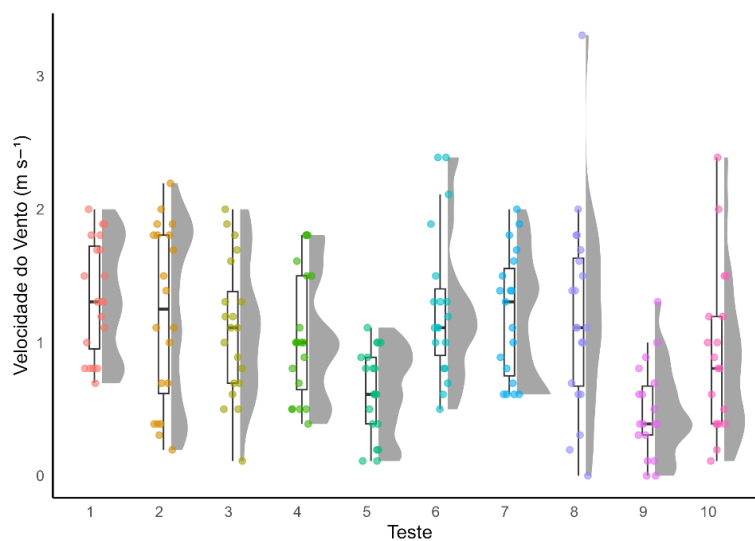


Figura 33. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s⁻¹) em relação a cada repetição na altura de 0,50 m.

4.4.3 Análise da distribuição do vento

Nesse ensaio as direções do vento, foram: NNW, NW, SW, SSW, WSW, WNW, S, SE, SSE, E, ESE, N, NE, NNE e ENE, e a velocidade de vento variam de 0 a 3,31 m s⁻¹ (Figura 34).

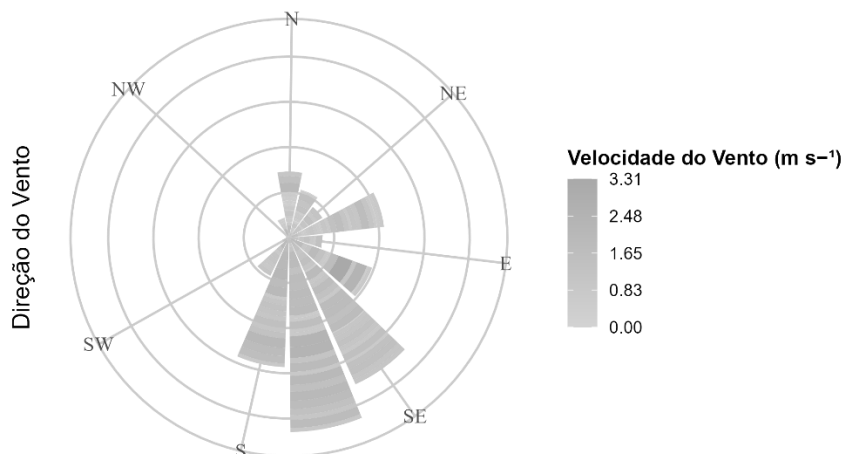


Figura 34. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,50 m.

Na análise de agrupamento, o grupo frontal leste e norte estão localizados nas maiores taxas de volume coletado e com velocidade do vento menores. O grupo frontal sul, está localizado nas maiores intensidades da velocidade do vento e menores coletas. (Figura 35).

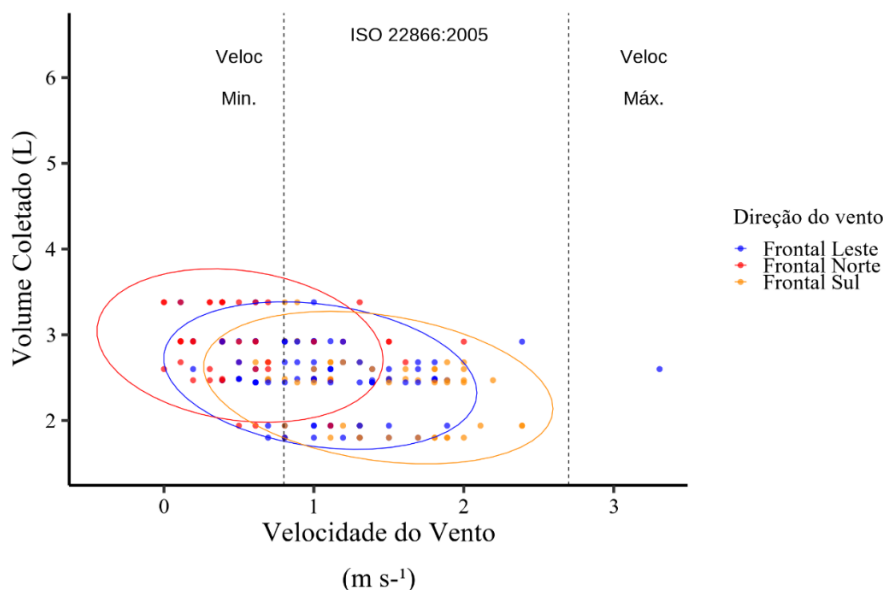


Figura 35. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.4.4 Altura da barra de pulverização em 0,50 m

Os testes foram realizados no período de 02/09/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 28,14 °C, velocidade do vento em 1,11 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 44,45%.

O efeito do depósito foi de 53,43%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 48,84%.

Foi observado o maior percentual de volume deslocado, de 81,56%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 1,95 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram em 1,69 m s⁻¹, o que influenciou na dispersão da gota fina. A UR se encontrava abaixo e a temperatura acima do indicado no período da tarde (Raetano et al., 2011).

A repetição 13 obteve o maior deslocamento do jato de pulverização, pois manteve uma constância e homogeneidade da velocidade do vento maiores com VVMin. 1,19, VVMáx. 1,69 e VVMed de 1,95 m s⁻¹. Em contrapartida, algumas outras repetições possuíram valores elevados em relação à R13, mas tiveram um deslocamento menor. O que pode explicar é a heterogeneidade maior nos dados, mas pouco difere estatisticamente. Outros fatores que podem determinar as diferenças são as demais

variáveis, pois a temperatura e a umidade estavam fora do padrão de aplicação estabelecido e as direções do vento podem se encontrar em concentrações e períodos diferentes (Figura 36).

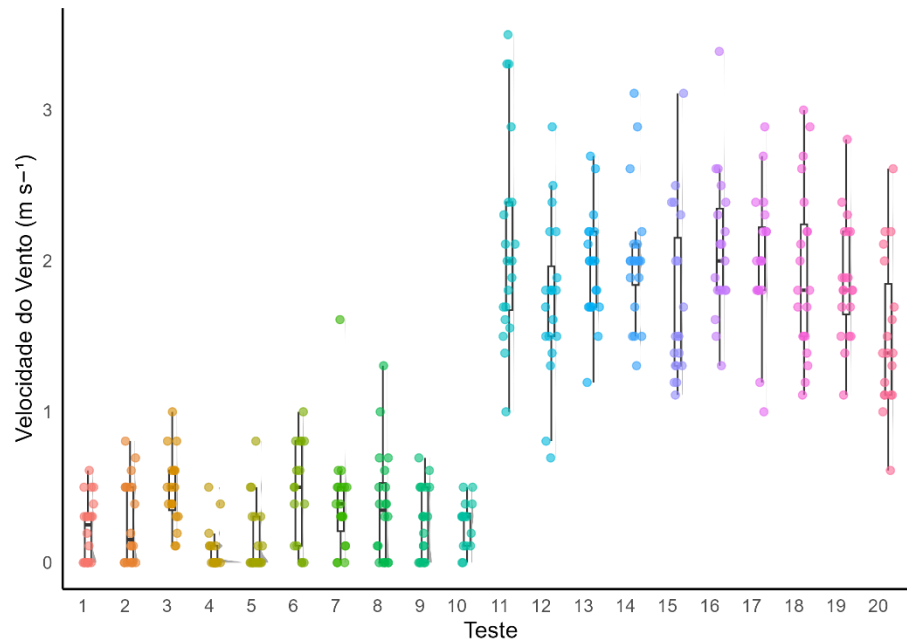


Figura 36. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s^{-1}) em relação a cada repetição na altura de 0,50 m.

4.4.5 Análise da distribuição do vento

O ensaio teve direções do vento em E, NE, ESE, N, NE, NNE, NNW, SE, WNW foram as mais presentes e as intensidades da velocidade de vento variam de 0 a $3,50 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 37).

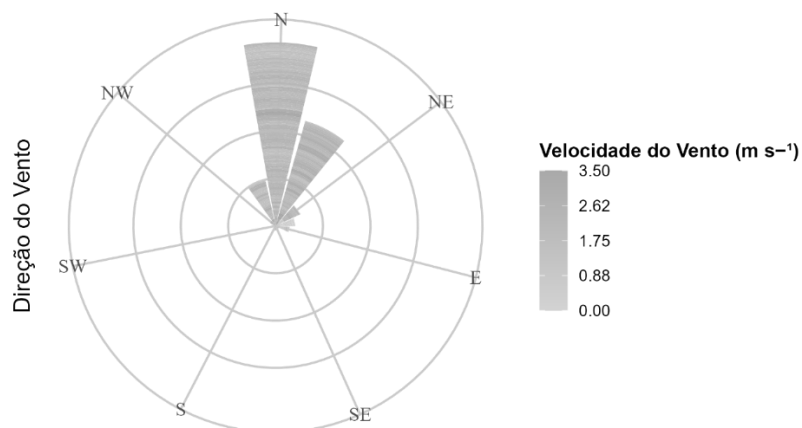


Figura 37. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,50 m.

Na análise de agrupamento (cluster), o grupo frontal leste estão localizados nos maiores volumes de coleta e de velocidade do vento menor, o que demonstra a correlação dessa variável. O grupo frontal norte inversamente ao grupo leste, mesmo localizado dentro da faixa de aplicação da ISO (Figura 38).

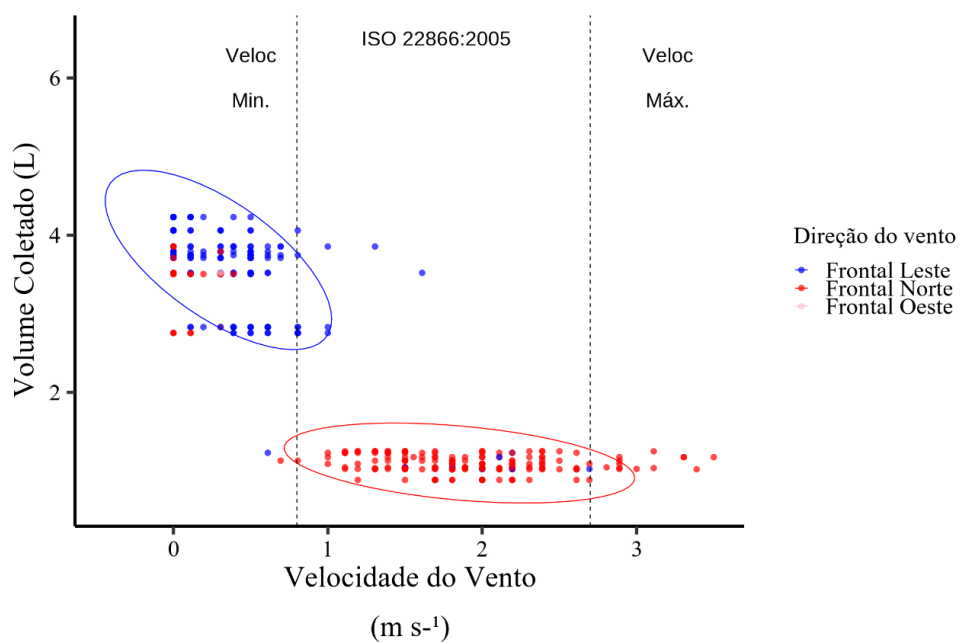


Figura 38. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.5 Altura da barra de pulverização em 0,75 m

Os testes foram realizados no período de 28/05/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 16,04 °C, velocidade do vento em 2,08 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 63,74%.

O efeito do depósito foi de 19,14%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 80,86%.

O maior percentual de volume deslocado nas repetições é de 94,5%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 2,79 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram em 4,50 m s⁻¹, o que influenciou na dispersão da gota fina.

Os resultados para a altura da barra em 0,75 m demonstram uma heterogeneidade, e uma amplitude de VVMin 0,97, VVMáx 3,44 e VVMed 2,08 m s⁻¹. A repetição T14 obteve o maior deslocamento do jato de pulverização, mantendo uma constância de velocidade e rajadas de vento altas. Em contrapartida, a repetição T1 obteve um deslocamento do jato menor, por conta da velocidade e rajada do vento serem menores e da pouca amplitude dos dados. A média da velocidade do vento por repetição está abaixo da influência no efeito da deriva 2,08 m s⁻¹, demonstrando que a altura da barra de pulverização influenciou no deslocamento do jato de pulverização (Figura 39).

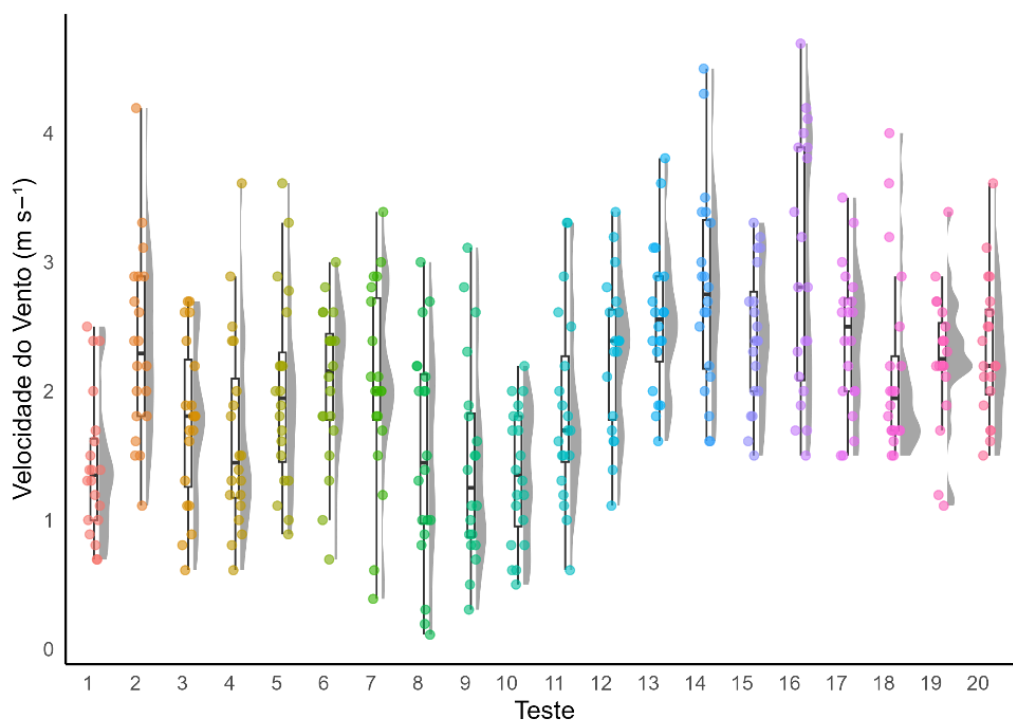


Figura 39. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s^{-1}) em relação a cada repetição na altura de 0,75 m.

4.5.1 Análise da distribuição do vento

As direções do vento em: ENE, N, NE, NNE, NNW, NW, SE, W, WNW e as intensidades da velocidade de vento variam de $1,2$ a $4,7 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 40).

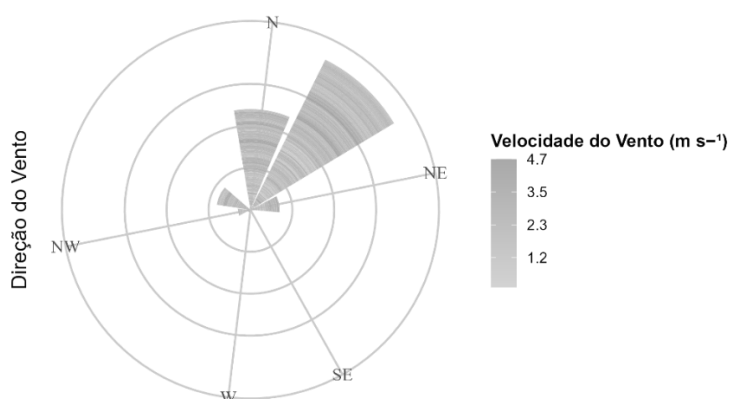


Figura 40. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 0,75 m.

Na análise de agrupamento (cluster), o grupo frontal norte é o dado com maiores observações dentro da análise, e estão distribuídos dentro do padrão de aplicação, com algumas observações além do limite de velocidade máxima. O valor de volume coletado está bem homogêneo entre os grupos em relação à velocidade do vento. Isso demonstra que os fatores climáticos estavam similares durante o teste e a altura da barra é o fator determinante no deslocamento do jato (Figura 41).

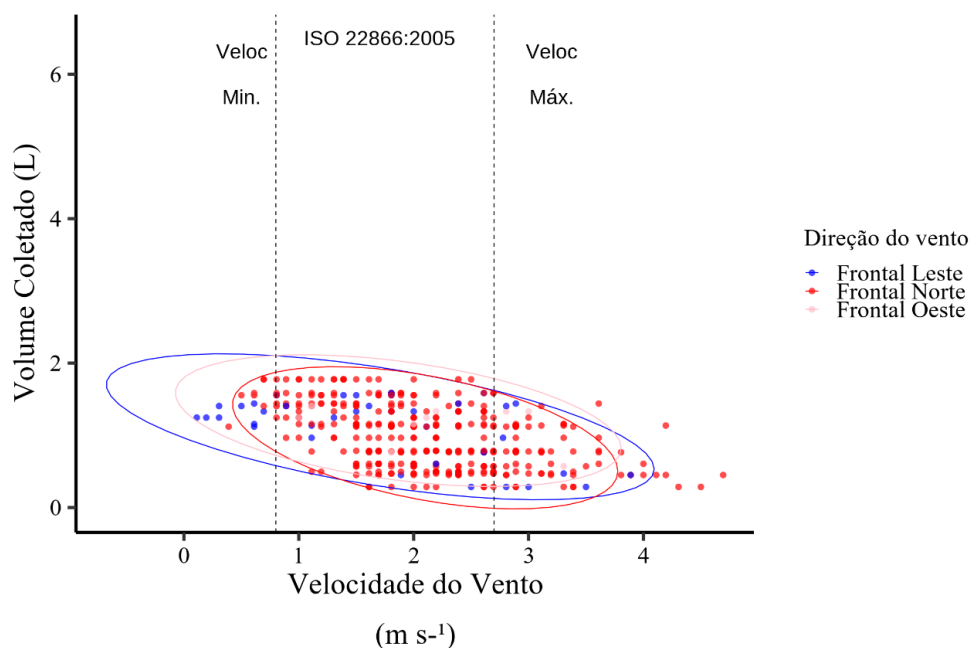


Figura 41. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 0,75 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.6 Altura da barra de pulverização em 1,00 m

Os testes foram realizados no período de 23/05/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 27,54 °C, velocidade do vento em 1,00 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 51,34%.

O efeito do depósito foi de 36,46%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 63,54%.

O maior percentual de volume deslocado nas repetições é de 97,69%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 1,81 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram em 3,19 m s⁻¹, o que influenciou na dispersão da gota fina.

Os maiores picos na curva indicam as áreas onde os dados estão mais concentrados, como a R19 e R20, enquanto vales representam áreas de menor concentração e maior amplitude dos dados R11, que obteve o maior deslocamento do jato de pulverização em relação à diversidade e a amplitude dos dados e valores altos para variável velocidade do vento. A R9 teve um deslocamento menor do jato de pulverização, pois teve uma velocidade média e amplitude dos dados menores (Figura 42).

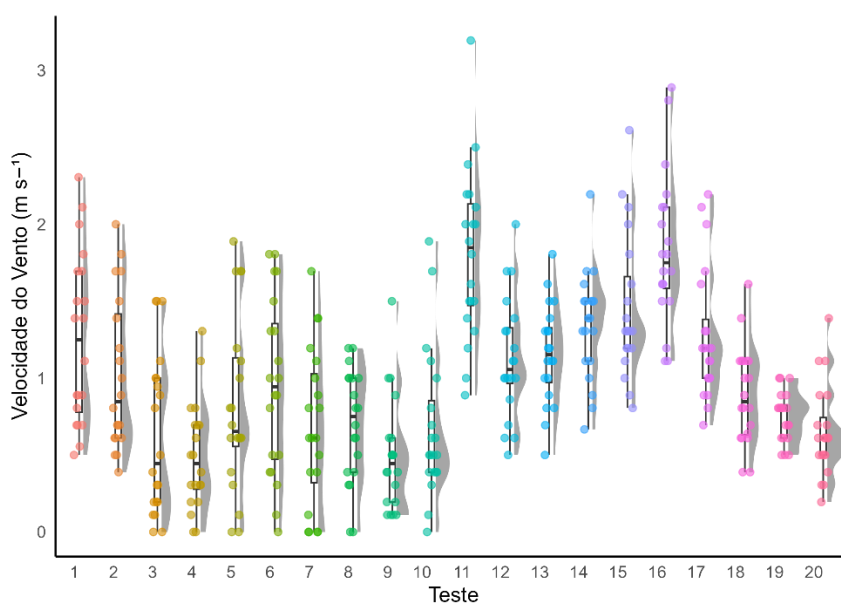


Figura 42. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento ($m s^{-1}$) em relação a cada repetição na altura de 1,00 m.

4.6.1 Análise da distribuição do vento

As direções do vento em: E, ENE, ESE, N, NE, NNE, NNW, NW, S, SE, SSE, SSW, WNW e velocidade de vento variam de 0 a $3,19 m s^{-1}$ (Figura 43).

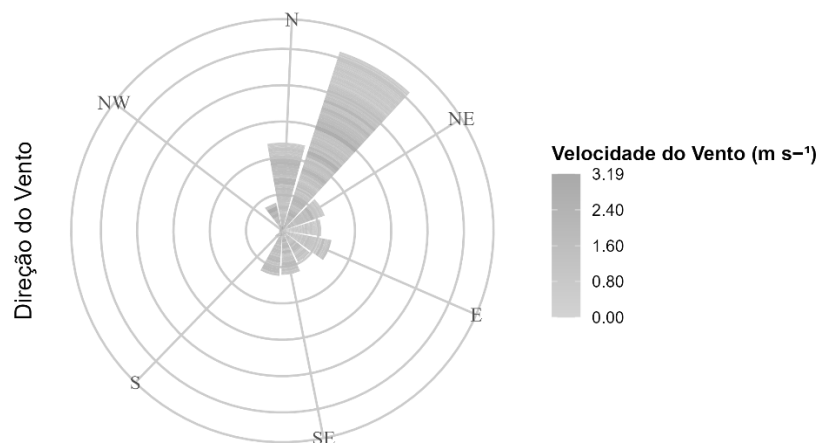


Figura 43. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,00 m.

Na análise de agrupamento (cluster), os grupos frontais estão bem heterogêneos na distribuição, o grupo frontal leste estão localizados nos volumes de coleta maiores e de velocidade do vento menor. O grupo frontal, norte e sul, estão presente no grupo de maiores velocidade do vento e parte dos dados estão localizados na área de menores coletas (Figura 44).

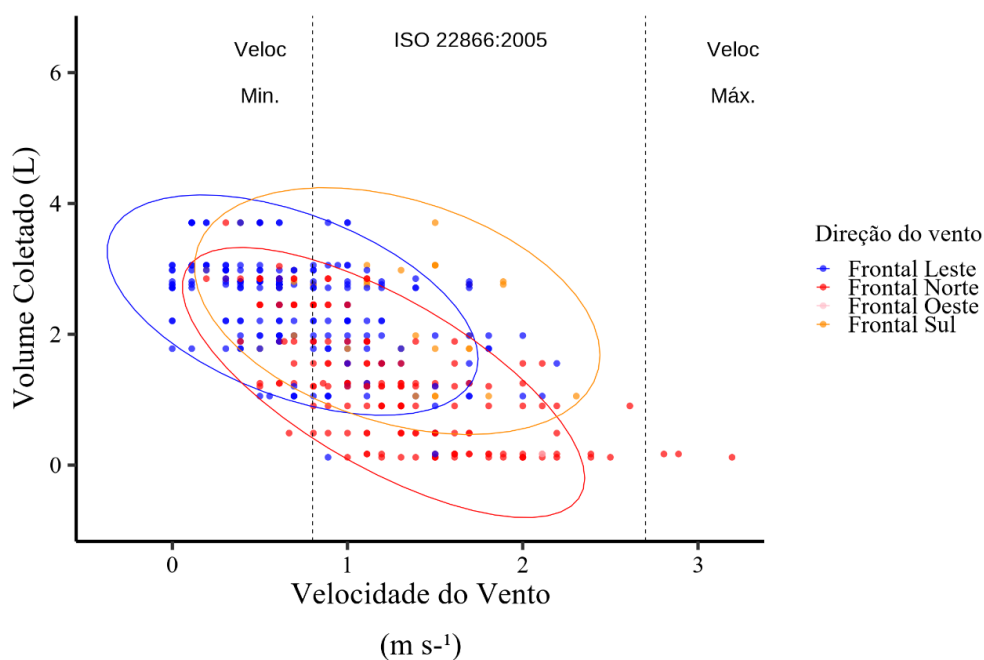


Figura 44. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,00 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.6.2 Altura da barra de pulverização em 1,00 m

Os testes foram realizados no período de 22/08/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 30,89 °C, velocidade do vento em 1,45 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 31,53%.

O efeito do depósito foi de 25,19%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 74,81%.

O maior percentual de volume deslocado nas repetições é de 100%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 3,02 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram em 4,19 m s⁻¹, o que influenciou na dispersão da gota fina.

As maiores curvaturas nos dados estão presentes nas repetições com velocidades do vento menores, possuindo um VVMéd entre 0,6 m s⁻¹, pois os dados estão mais agrupados, com pouca variação e amplitude. As repetições após a R11 demonstram um agrupamento menor e uma amplitude maior da velocidade do vento, tendo maiores picos de rajadas e velocidade. Com a altura da barra em 1,00 m, influenciou diretamente no deslocamento do jato nessas repetições. As outras condições meteorológicas, como a umidade relativa do ar, estavam muito abaixo de 55% e a temperatura acima dos 30 °C, fora dos padrões de pulverização. Todas essas variáveis influenciaram no volume coletado, com um Coeficiente de variação de > 94,4% (Figura 45).

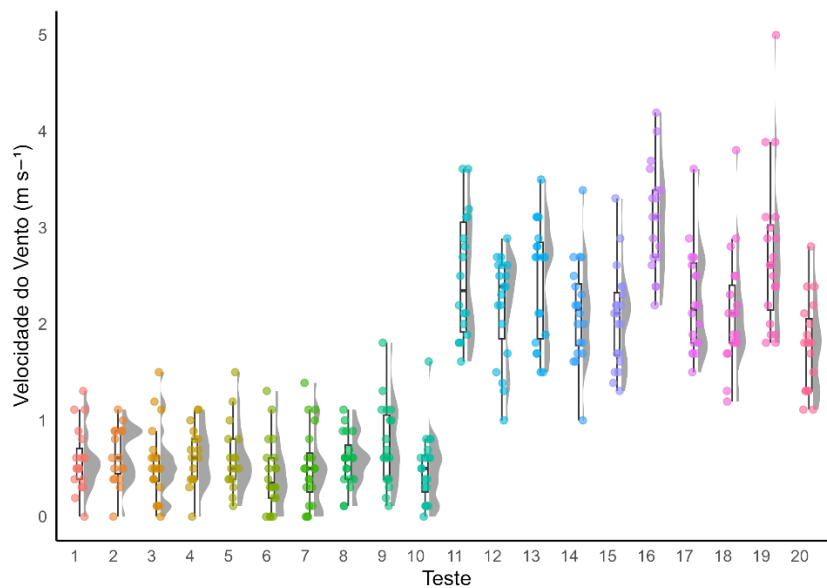


Figura 45. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s^{-1}) em relação a cada repetição na altura de 1,00 m.

4.6.3 Análise da distribuição do vento

As direções do vento: E, NE, ENE, ESE, N, NNE, NNW, NW, S, SE, SSE, SW, WNW e velocidade de vento variam de 0 a $5,0 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 46).

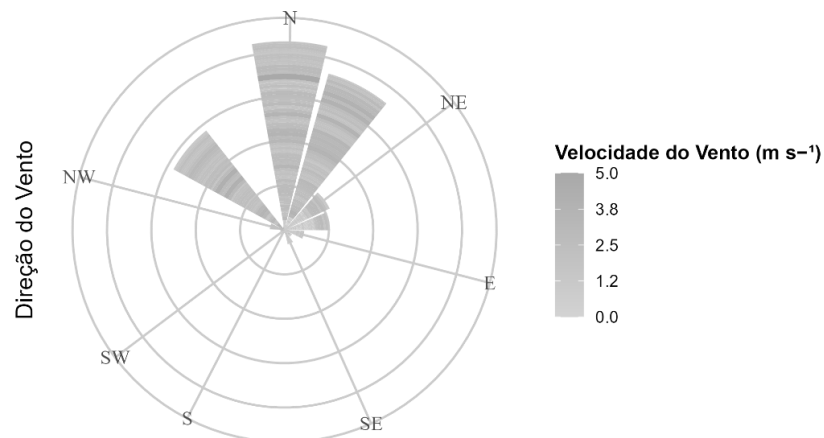


Figura 46. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,00 m.

Na análise de agrupamento (cluster), o grupo frontal leste está localizado nos volumes de coleta maiores e de velocidade do vento menor. O grupo frontal norte e oeste está presente no grupo de maior velocidade do vento e de menores coletas, mesmo estando

dentro da faixa recomendada da ISO (Figura 47), o que influencia esses valores é a altura da barra de pulverização em 1,00 m.

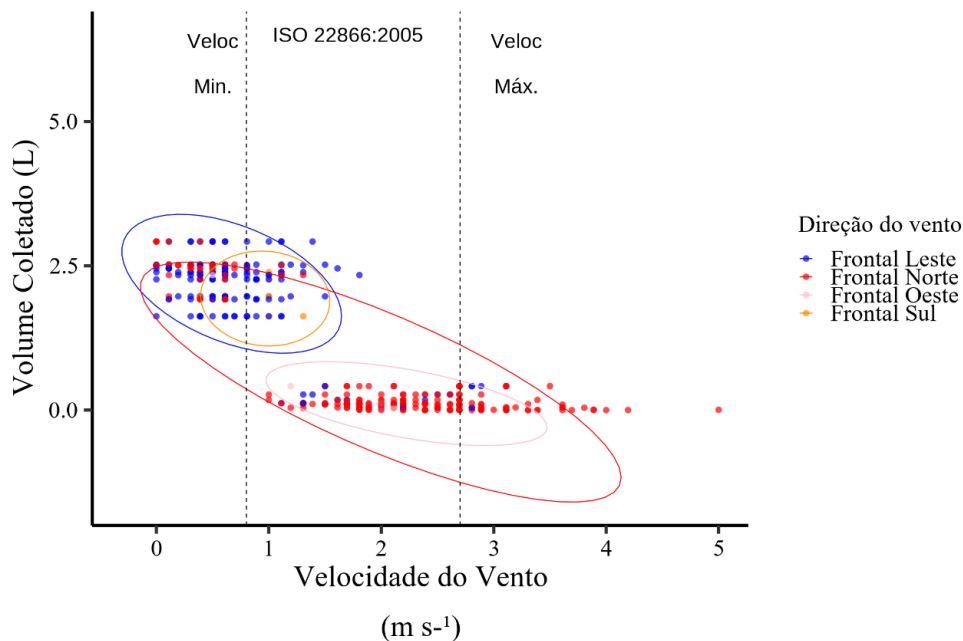


Figura 47. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,00 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.7 Altura da barra de pulverização em 1,25 m

Os testes foram realizados no período de 22/05/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 26,86 °C, velocidade do vento em 0,86 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 59,21%.

O efeito do depósito foi de 45,13%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 54,87%.

O maior percentual de volume deslocado nas repetições é de 99,23%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento de 2,24 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram em 2,69 m s⁻¹.

Na altura da barra de pulverização, em 1,25 m, os dados médios foram de VVMin; 0,32, VVMed de 0,86 e VVMax de 1,52 m s⁻¹. As repetições R15 a R20 demonstram pouca variação nos dados presentes, com velocidade do vento baixa e com pouca amplitude dos dados e maiores volumes de coleta. A temperatura e umidade relativa do

ar estavam fora dos padrões de aplicação, podendo ter influência nos dados. As repetições com maior distribuição dos dados possuem os maiores deslocamentos do jato de pulverização, pois possuem rajadas e velocidade do vento elevadas (Figura 48).

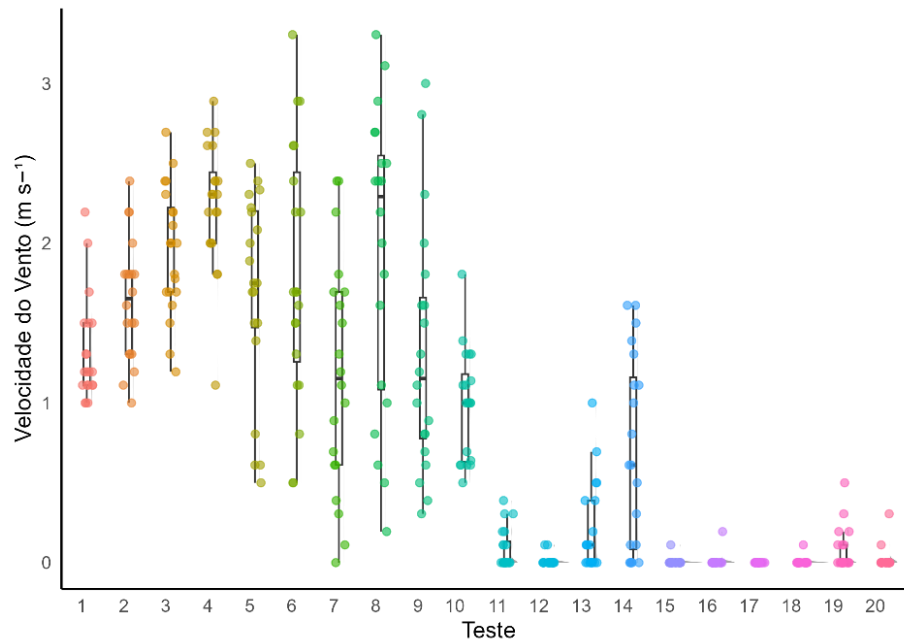


Figura 48. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s^{-1}) em relação a cada repetição na altura de 1,25 m.

4.7.1 Análise da distribuição do vento

As direções do vento variam entre E, NE, ENE, ESE, N, NNE, NNW, NW, S, SE, SSE, SSW e SW, com velocidades que oscilam entre 0 e $3,31 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 49).

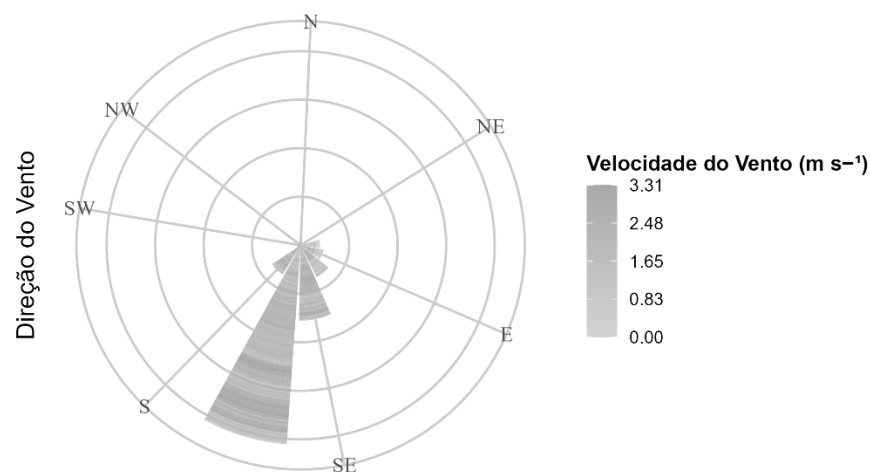


Figura 49. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,25 m.

As maiores velocidades do vento se encontram dentro do grupo frontal sul e o maior volume coletado no grupo frontal Leste. As distribuições da direção dos ventos foram uniformes para algumas repetições, com a presença constante de velocidade do vento a quase zero, o que demonstra a diversidade dos grupos frontais durante a aplicação e possíveis problemas oriundos da endoderiva (Figura 50).

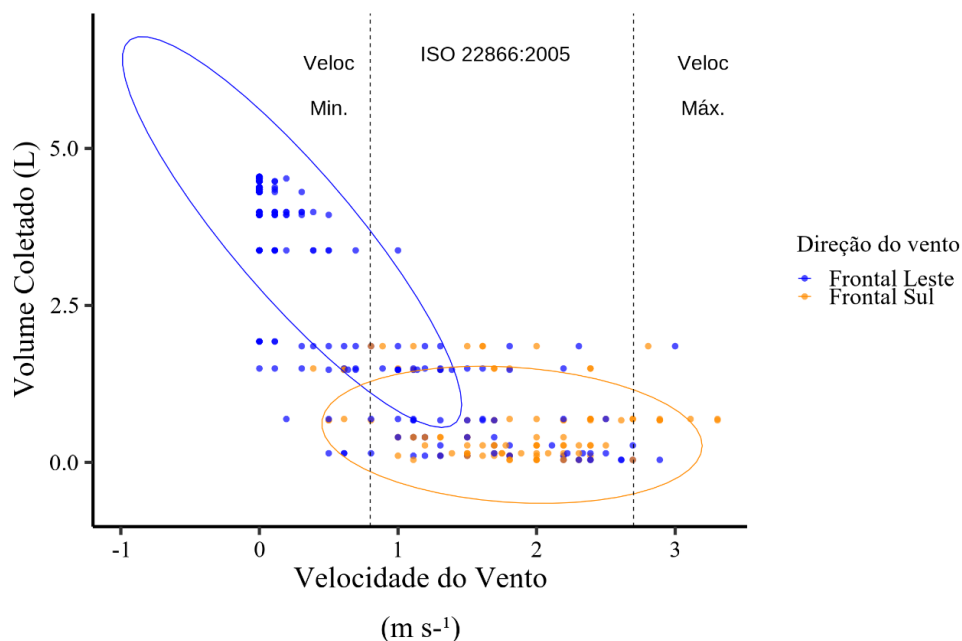


Figura 50. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,25 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.8 Altura da barra de pulverização em 1,50 m

Os testes foram realizados no período de 21/05/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 23,59 °C, velocidade do vento em 2,31 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 70,89%.

O efeito do depósito foi de 1,51%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 98,49%.

O maior percentual de volume deslocado nas repetições é de 100%, que estava sob efeito médio da velocidade do vento acima de 4,00 m s⁻¹. Um dos fatores que influenciam no deslocamento do jato são os períodos de rajada que se encontraram acima de 2,00 m s⁻¹.

Nesse ensaio, todos os resultados se encontraram acima de 90% em relação ao deslocamento do jato de pulverização, mantendo uma constância de velocidade e rajadas de vento altas, acima de $3,00 \text{ m s}^{-1}$.

As velocidades do vento VVMin $1,42$, VVMed $3,18$ e VVMax $2,31 \text{ m s}^{-1}$ são as que estavam presentes na altura da barra em $1,50 \text{ m}$. Podemos analisar a distribuição dos dados entre as repetições, onde a R4 teve o maior pico de rajada $4,69 \text{ m s}^{-1}$, influenciando no deslocamento do jato. A R17 teve uma curvatura maior, pois os dados se mantiveram em uma média, com pouco desvio padrão. A velocidade do vento nesse VVMed estava abaixo do indicado, mas com a altura da barra elevada, demonstrou grande potencial no deslocamento do jato de pulverização, com uma média de $98,49\%$ (Figura 51).

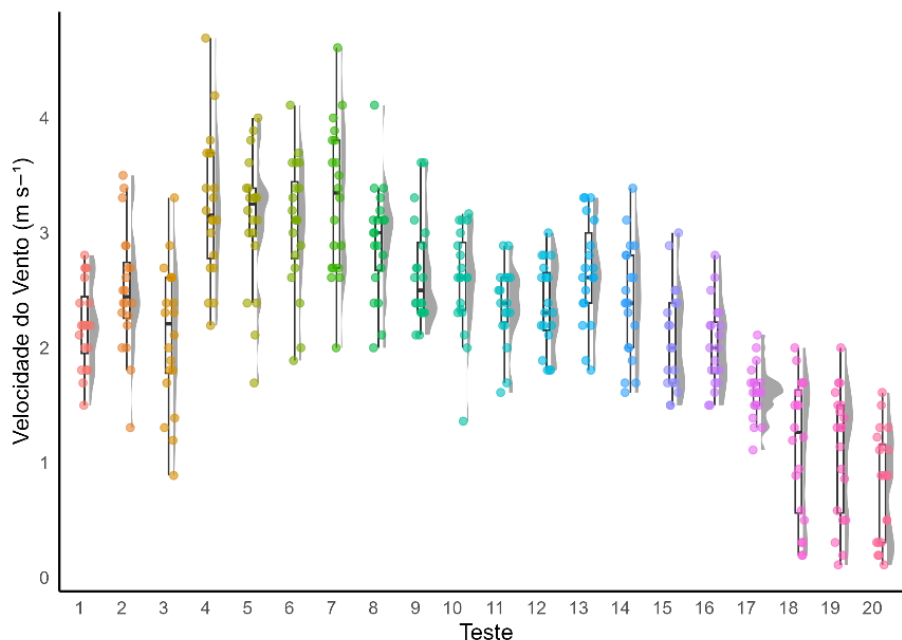


Figura 51. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s^{-1}) em relação a cada repetição na altura de $1,50 \text{ m}$.

4.8.1 Análise da distribuição do vento

O ensaio teve as direções do vento entre E, NE, ESE, S, SE, SSE, SSW, SW e WSW. As intensidades da velocidade de vento variam de 0 a $4,7 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 52).

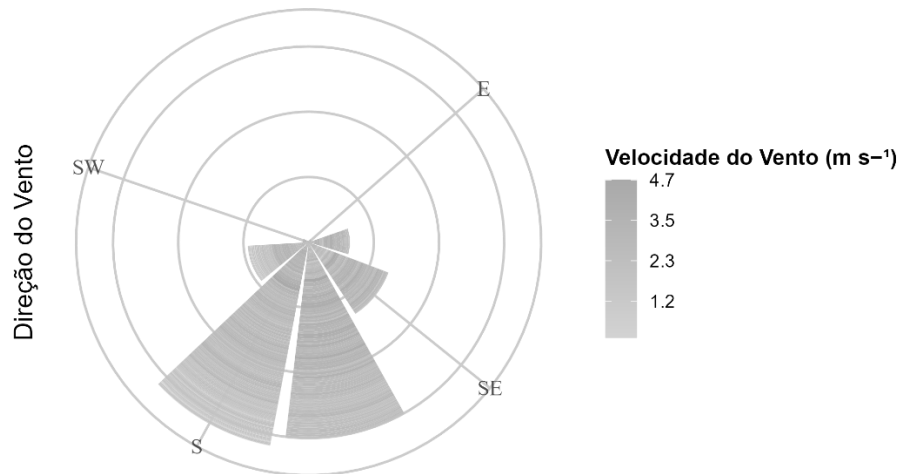


Figura 52. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,50 m.

Na análise de agrupamento (cluster), o grupo frontal sul teve maior número de observações, e estão localizados nos volumes de coleta menores e a distribuição da velocidade do vento é variável (Figura 53). Algumas observações estavam além do permitido conforme a ISO, possibilitando maior deslocamento do jato.

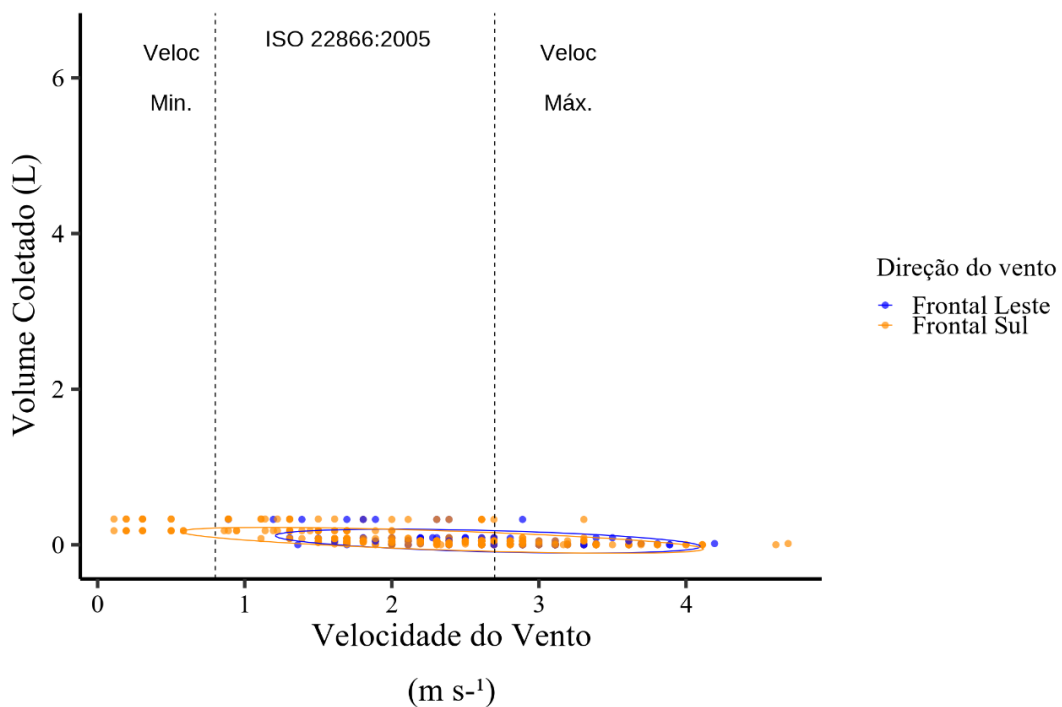


Figura 53. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.8.2 Altura da barra de pulverização em 1,50 m

Os testes foram realizados no período de 20/08/2024, com as médias das condições meteorológicas com a temperatura em 30,9 °C, velocidade do vento em 0,88 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 31,03%.

O efeito do depósito foi de 30,18%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 69,82%.

O maior percentual de volume deslocado nas repetições é de 98,02%, que estava sob efeito da velocidade do vento média de 1,57 m s⁻¹ e rajadas do vento de 2,19 m s⁻¹.

A velocidade VVMin 0,21, VVMáx 1,81 e VVMed 0,88 demonstram uma variação dos dados. As R1, R13 e R19 possuem uma curvatura maior no seu conjunto de dados, pois estão mais agrupados e têm uma média de distribuição menor. A R17 possui maior desvio padrão e amplitude dos dados, devido ao período de rajada com 3,0 m s⁻¹. As repetições se diferem para essa variável, tendo momentos com pouca ou zero intensidade da velocidade do vento, o que gerou um percentual de deslocamento do jato de 69,82%, menor que a repetição anterior para a mesma altura, mas demonstra que mesmo com intensidade de ventos diferentes, o deslocamento é alto, podendo gerar impactos na endoderiva (Figura 54).

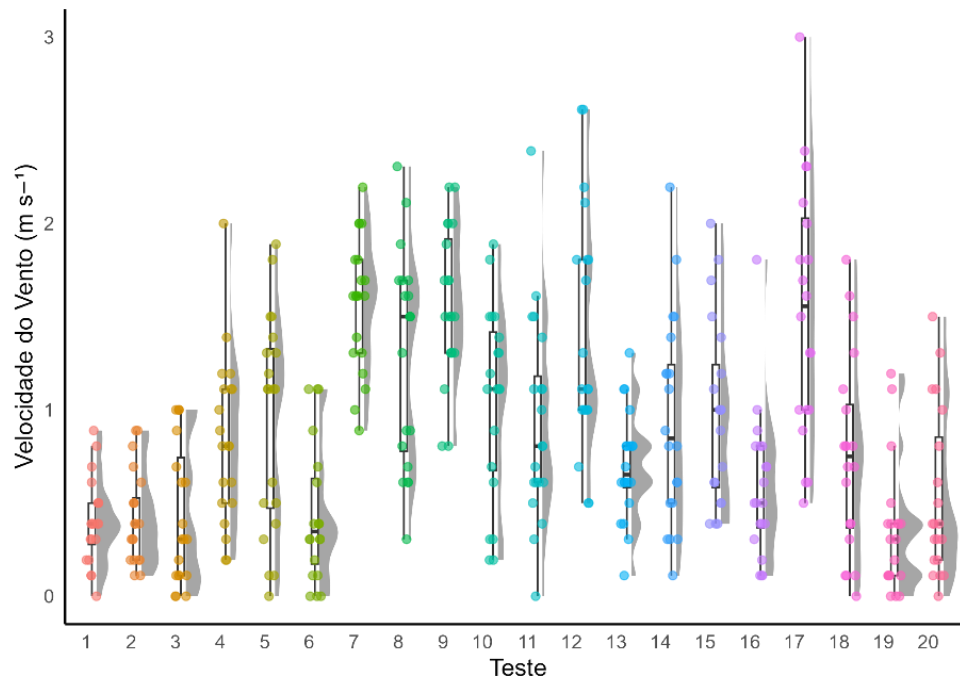


Figura 54. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s^{-1}) em relação a cada repetição na altura de 1,50 m.

4.8.3 Análise da distribuição do vento

O ensaio teve as direções do vento entre, E, ENE, N, NE, NNE, NNW, NW, S, SE, SSE, SSW, SW, W, WNW e WSW e velocidade de vento variam de 0 a $3,0 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 55).

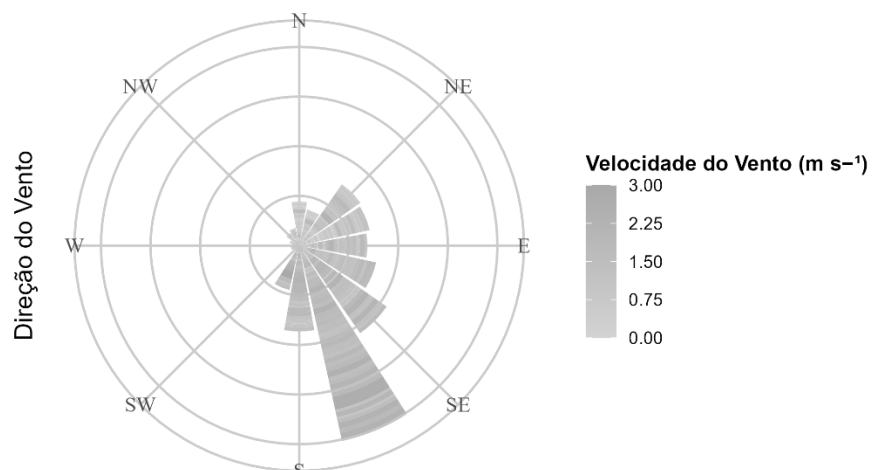


Figura 55. Visualização da estrutura piramidal em relação a distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,50 m.

Na análise de agrupamento (cluster), o grupo frontal leste, norte e oeste estão localizados nos volumes de coleta maiores e a distribuição da velocidade do vento é variável, estando presente um pouco fora dos limites da ISO. O grupo frontal sul está distribuído dentro da taxa de aplicação da ISO, mas com volume de coletas menores, devido à altura da barra de pulverização (Figura 56).

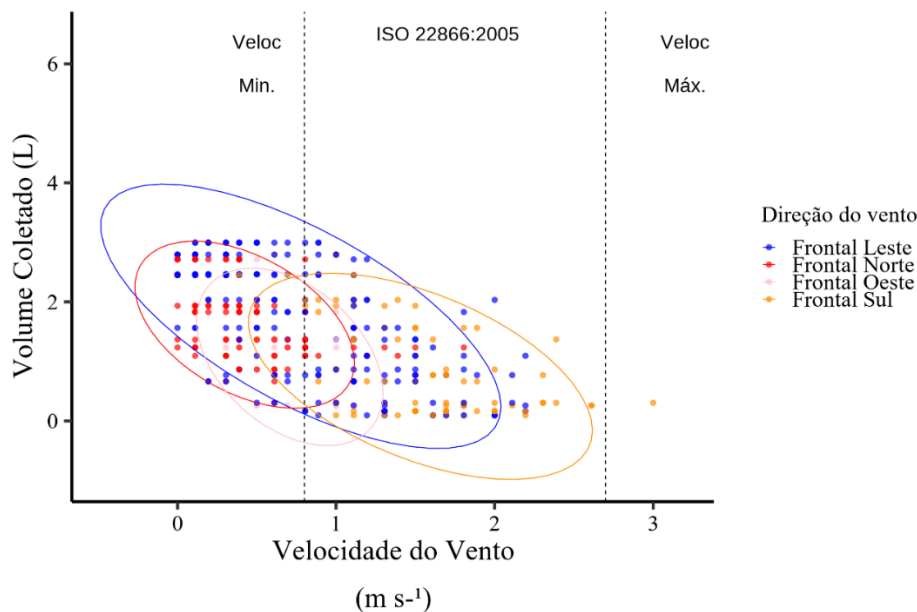


Figura 56. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

4.8.4 Altura da barra de pulverização em 1,50 m

Os testes foram realizados no dia 21/08/2024, com as seguintes médias das condições meteorológicas: temperatura em 30,9 °C, velocidade do vento em 0,88 m s⁻¹ e umidade relativa (UR) 31,03%.

O efeito do depósito foi de 15,06%, sendo o tanto de volume coletado (L) dentro da estrutura. A média do volume deslocado do jato de pulverização é de aproximadamente 84,40%.

O maior percentual de volume deslocado nas repetições é de 100%, que estava sob efeito da velocidade do vento média de 3,00 m s⁻¹ e rajadas do vento de acima de 4,00 m s⁻¹.

A repetição R2 e R4 obteve 100% do deslocamento do jato de pulverização, com resultados de rajadas de vento entre $5,0 \text{ m s}^{-1}$. Em contrapartida, a repetição T12 teve um deslocamento do jato de 52,08%, por conta da velocidade e rajadas dos ventos serem menores VVMed $0,70 \text{ m s}^{-1}$, a R13 teve um ponto de curvatura, pois a distribuição dos dados segue um maior padrão (Figura 57).

A média da velocidade do vento por repetição no período da manhã se encontra fora do padrão estabelecido e causou os maiores deslocamentos do jato (Balsari et al., 2016).

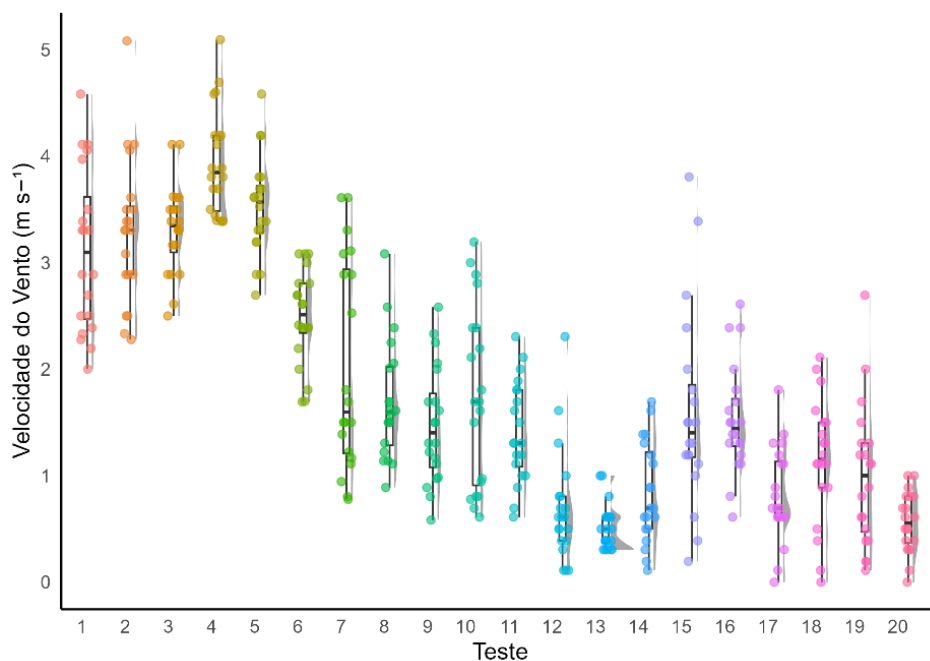


Figura 57. Visualização do Box-plot com a análise da distribuição e densidade da velocidade do vento (m s^{-1}) em relação a cada repetição na altura de 1,50 m.

4.8.5 Análise da distribuição do vento

O ensaio teve as direções do vento E, ENE, ESE, N, NE, NNE, NNW, NW, S, SE, SSE, SSW, W, WNW e WSW e velocidade de vento variam de 0 a $5,1 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 58).

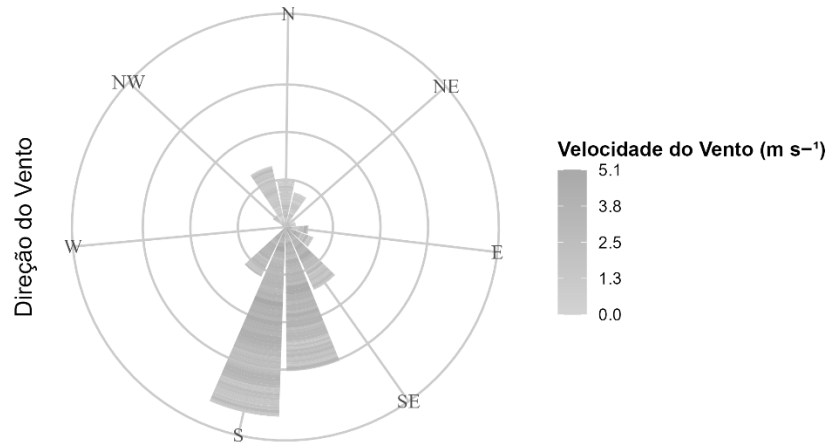


Figura 58. Visualização da distribuição e localização da direção e velocidade do vento em influência no deslocamento da projeção do jato de pulverização durante os testes realizados na altura da barra em 1,50 m.

Os grupos da direção do vento estão todos presentes, o grupo norte está agrupado em períodos de maiores coletas e com menor intensidade da velocidade do vento. O grupo frontal sul está correlacionado a menores coletas e maior intensidade do vento, estando mais uniforme. O grupo leste tem uma distribuição ampla e diversificada, tendo influência na taxa de volume e velocidade do vento em relação ao deslocamento do jato (Figura 59).

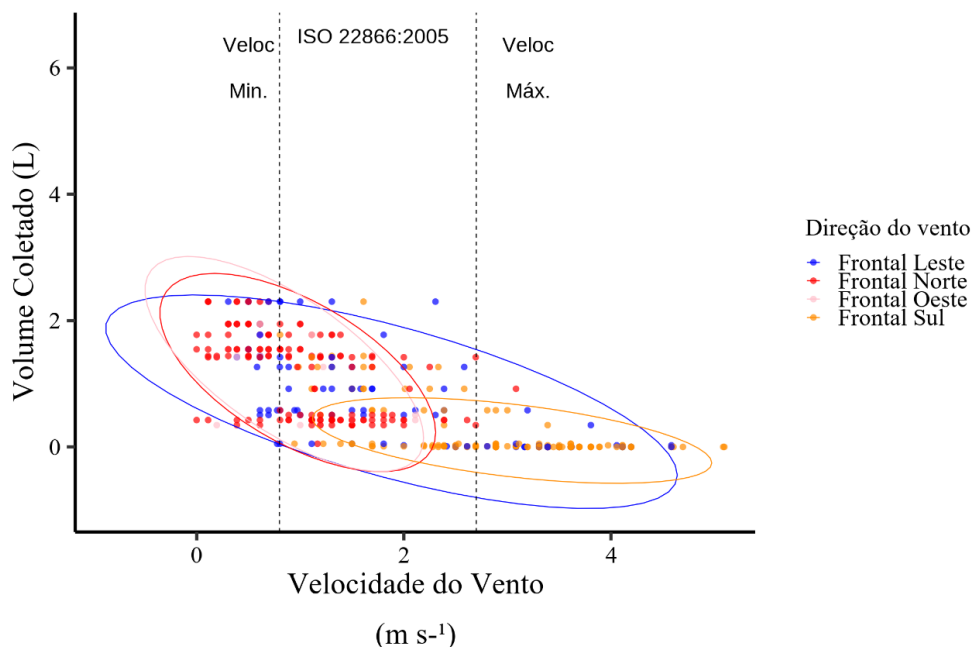


Figura 59. Análise e visualização dos agrupamentos, em relação entre a velocidade do vento, o volume coletado (L) e localização dos grupos frontais na altura de 1,50 m, em relação ao limite de aplicação recomendada de acordo com a ISO 22866:2005.

5 CONCLUSÃO

A estrutura piramidal mostra-se como uma metodologia que possibilita avaliar o deslocamento da projeção do jato de pulverização em um ambiente de campo complexo. Ela possui uma estrutura simples, baixo custo, fácil de usar e reduz o tempo experimental.

Alturas de barra de pulverização e velocidade do vento foram os fatores que mais influenciaram no deslocamento do jato de pulverização com correlação forte e positiva.

A umidade relativa do ar explica uma parte da variação no volume deslocado que não é explicada pela velocidade do vento, temperatura do ar e altura da barra.

Os momentos de rajadas do vento afetam negativamente no volume coletado.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, B.S.; STEBLER, E.; ZOU, C.B.; Monitoring litter interception of rainfall using leaf wetness sensor under controlled and field conditions, **Hydrol Processes**, v.31, p. 240- 249, 2017.

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P. **Tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. 2020.

AL HEIDARY M. *et al.* Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: a literature review. **Crop Protection**, v. 63: p. 120–130, 2014.

AL HEIDARY M.; DOUZALS J.; SINFORT, C. An attempt to reduce spray drift in wind tunnel by substituting nozzles on the boom. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal** v. 22 n. 3, p.76-84, 2020.

ALMEIDA, D. P. *et al.* Application volumes and sizes of droplets for the application of diquat herbicide in the control of Eichhornia crassipes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 171–179, 2016.

ALVARENGA, C. B. *et al.* Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática de alvos artificiais. **Revista Biociências**, v. 1, p. 182-193, 2014.

ALVES, S. M. F.; FERNANDES, P. M.; MARIN, J. O. B. Condições de trabalho associadas ao uso de agrotóxicos na cultura de tomate de mesa em goiás. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1737-1742, 2008.

ANTUNIASSI U. R. *et al.* **Tecnologia de aplicação para controle da ferrugem da soja**. In: workshop brasileiro sobre a ferrugem asiática, 1. Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 193-219, 2005.

ANTUNIASSI U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa trigo. p. 174-175, 2008.

ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. Tecnologia de Aplicação: Definição e Princípios Básicos. In: ANTUNIASSI, U. R.;

ANTUNIASSI, U. R.; CUNHA, J. P. A. R. Boas práticas na tecnologia de aplicação dos defensivos agrícolas. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOOLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. 2ª ed. rev. **amp**. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, p. 355-366, 2019.

ANTUNISSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. B.; CHECHETTO, R.G. Tecnologia de aplicação de defensivos para culturas anuais. **Boletim de Pesquisa Fundação MT**. n. 18, p.311-324, 2018.

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

BAESSO, M. *et al.* Pesticide application technologies. **Engenharia Agrícola. Revista Ceres**, v. 61, supl., dez. 2014.

BAESSO, M. M. *et al.* Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 780-785, 2014.

BAKKER, T. *et al.* Autonomous navigation using a robot platform in a sugar beet field. **Biosystems Engineering**, v. 109, n. 4, p. 357–368, 2011.

BALAN, M. G. *et al.* Deposition of the spraying suspension for three spray nozzles under different meteorological conditions. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.

BALSARI P. *et al.* Field-crop-sprayer potential drift measured using test bench: Effects of boom height and nozzle type, **Biosystems Engineering**, 2016.

BALSARI P.; MARUCCO P.; TAMAGNONE M. A test bench for the classification of boom sprayers according to drift risk. **Crop Protection**, v. 26, n. 10, p. 1482 e 1489, 2007.

BALSARI, P. *et al.* Desvio potencial de pulverizador de cultura de campo medido usando bancada de teste: efeitos da altura da lança e do tipo de ponta. **Biosystems Engineering**, 154, 3–13, 2017.

BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (Org.). **Matologia: Estudos sobre plantas daninhas**. 1a ed. Jaboticabal – SP: Fábrica da Palavra, p.428-449, 2021.

BAUER, F.; C. G. RAETANO. Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR11003 e TXVK-4 em diferentes condições de Pulverização. **Eng. Agric.**, v. 24, n. 2, p. 364-373, 2004.

BJORNSSON, O. H. *et al.* Dynamic analysis of the intelligent sprayer boom. **In: International Conference on Vibration Problems**. Lisbon, 2013.

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

BOSCHINI, L. *et al.* Avaliação da posição da calda de moagem em função da vazão e do tipo de ponta hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum. Agronomia**, Maringá, v. 30, n. 2, pág. 171-175, 2008.

BOTELHO, M. G. L. *et al.* Agrotóxicos na agricultura: Agentes de danos ambientais e a busca pela agricultura sustentável. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e396985806–e396985806, 2020.

BRÜHL, Ca. A.; ZALLER, J. G. Indirect herbicide effects on biodiversity, ecosystem functions, and interactions with global changes. In: HERBICIDES: Chemistry, Efficacy, Toxicology, and Environmental Impacts. **Emerging Issues in Analytical Chemistry**, p. 231-272, 2021.

BRUXELAS, E. *et al.* Avaliação em túnel de vento de diversas técnicas de traçadores e coletas para medição de deriva de calda. **Comum. Agrícola. Apl. Biol. Ciência**, v. 69, p. 829–836, 2004.

CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. **Entendendo a Tecnologia de Aplicação**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, p. 9-11, 2017.

CARVALHO, L. R. **Influência de pontas de pulverização e estandes no espectro e deposição de calda na cultura do feijoeiro**. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

CATANIA, P. *et al.* Assessment of the wind influence on spray application using an artificial vineyard. **European Journal of Horticultural Science**, v. 76, n. 3, p. 102, 2011.

CERRUTO, E. *et al.* Modelling Spray Pressure Effects on Droplet Size Distribution from Agricultural Nozzles. **Appl. Sci**, v. 11, p. 9283, 2021.

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

CHECHETTO, R. G. **Espectro e classes de tamanho de gotas: o que é preciso saber e como interpretar resultados**. 2020. Disponível em: <https://www.upherb.com.br/int/espectro-e-classes-de-tamanho-de-gotas-o-que-e-preciso-saber-e-como-interpretar-resultados>. Acesso em: 08 set. 2024.

CHEEIN, F. A. *et al.* Optimized EIF-SLAM algorithm for precision agriculture mapping based on stems detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 78, n. 2, p. 195-207, 2011.

CHEN, S. *et al.* Effect of droplet size parameters on droplet deposition and drift of aerial spraying by using plant protection uav. **Agronomy**, v. 10, n. 2, p.195. 2020.

COMBELLACK, J. H. Loss of herbicides from ground sprayers. *Weed Research*, West Sussex, v. 22, n. 4, p. 193–204, ago. 1982. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-3180.1982.tb00164.x>. Acesso em: 13 jul. 2024.

COSTA, L. L.; POLANCZYK, R. **Tecnologia de aplicação de calda fitossanitárias**. 1a. ed. Jaboticabal: Funep, p. 168, 2019.

COUTINHO, P.; CORDEIRO, C. M. **A ponta de pulverização – cuidados na escolha. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas II** – Encontro Técnico, p.122, 2004.

CUI, L.; XUE, X.; DING, S.; QIAO, B.; LE, F. Analysis and test of the dynamic characteristics of a large density boom and pendulum suspension damping system. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, v. 33, n. 9, p. 61-68, 2017.

CUNHA, J. P. A. R. da. *et al.* Espectro de gotas de bicos de importação hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 10, pág. 977-985, fora. 2004.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1153-1158, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 6, p. 761-768, 2016.

DA CUNHA, J. P. A. R.; Ruas, R. A. A. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO DE JATO PLANO DUPLO COM INDUÇÃO DE AR. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Agricultural Research in the Tropics), p. 61-66, 2006.

DA CUNHA, J. P.; TEIXEIRA, M. M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 5, n.º 2, p. 334-348, 2001.

DARIO, G. *et al.* Qualidade da aplicação com três tipos de pontas de pulverização na cultura da soja. **In: Anais do VIII Sintag**, Campinas. VIII Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação. Botucatu, SP: FEPAF, 2017. v. 8. p. 1-4.

DE PAULA, D. F. *et al.* **Técnicas para evitar a deriva e volatilização de herbicidas**. 2021.

DE SCHAMPHELEIRE, M. *et al.* Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, v. 10, n. 5, p. 409-420, 2007.

DE SIQUEIRA, J. L.; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. **Periodic inspection of sprayers on soybean production areas in Brasil**, p. 92-100, 2011.

DESMARTEAU DA, R.; AM, H. P.; GUEVARA M.W. Impact of Wind Speed and Direction and Key Meteorological Parameters on Potential Pesticide Drift Mass Loadings from Sequential Aerial Applications. **Integr Environ Assess Manag**. v.16, n.2, p.197-210, 2020.

DONG, F.; HEINEMANN, W.; KASPER, R. Development of a row guidance system for an autonomous robot for white asparagus harvesting. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 79, n. 2, p. 216-225, 2011.

FAROOQ, M.; SALYANI, M. Modelagem da penetração e deposição de pulverização em copas de árvores cítricas. **Trans. ASAE**, v. 47, p. 619–627, 2004.

FERREIRA, M. C. *et al.* Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 29, n. 3, p. 697-705, 2011.

FERREIRA, M. Da C. Classificação de Máquinas e Métodos de Aplicação. **In: V Semana Acadêmica das Ciências Agrárias**, 2016.

FERREIRA-ALTHMAN, M. P. *et al.* Monitoring the vertical oscillation of density bars using an electronic system. **Tecnologia em Marcha**, v. 33, n. 1 p. 80-87, 2020.

FERRER, P. G. S. F. **Sistema de apoio à decisão em tecnologia de aplicação de precisão (SISD-TAP) para otimização da gestão de pragas nas culturas**. 174 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FREITAS, F. C. L. Desvio do uso de pulverizadores manuais de mochila em Boyacá (Andes Colombianos) J. Agric. **Química de Alimentos**, v. 64, n. 20, p. 3990 – 3998, 2016.

GANDOLFO, M. A. Efeito da pressão de trabalho em diferentes pontas de intensidade na quantificação da deriva em túnel de vento. **Engenharia Agrícola**, v. 1, p. 66-73, 2014.

GANDOLFO, M. A. *et al.* Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 474–480, 2013.

GANDOLFO, M. A.; OLIVEIRA, A. B. Aplicação de sucesso. **Cultivar Máquinas**. Pelotas, n.53, p.06-09, 2006.

GAO, S.C. *et al.* Water-soluble food dye of Allura Red as a tracer to determine the spray deposition of pesticide on target crops. **Pest Manag Sci**, v. 75 n. 10, p. 2592-2597, 2019.

GIL, Y. Atmospheric loss of pesticides above an artificial vineyard during air-assisted spraying. **Atmospheric Environment**, Philadelphia, v. 41, n. 14, p. 2945-2957, 2007.

GOHARI, M. *et al.* Vibration suppression of sprayer boom structure using active torque control and iterative learning. Part II: Experimental implementation. **Journal of Vibration and control**, v. 0, n. 0, p.1-11, 2017.

GRELLA, M. Spray Drift Generated in Vineyard during Under-Row Weed Control and Suckering: Evaluation of Direct and Indirect Drift-Reducing Techniques. **Sustainability**, v. 12, p. 5068, 2020.

GRIEPENTROG, H. W.; DÜHRING JAEGER, C. L.; PARAFOROS, D. S. Robots for Field Operations with Comprehensive Multilayer Control. **Künstl Intell**, v. 27, n.4, p. 325-333, 2013,

GRIESANG, F.; FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação para herbicidas. **In: Fatores que influenciam a ocorrência e distribuição de inseticidas neonicotinoides em águas superficiais do sul de Ontário**, Canadá Quimosfera, v. 169, p. 516 – 523, 2017.

GRIESANG, F.; FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação para herbicidas. **In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (Org.). Matologia: Estudos sobre plantas daninhas**. 1a ed. Jaboticabal – SP: Fábrica da Palavra, p.428-449, 2021.

HERBST, A, OSTEROTH, H. J.; STENDEL, H. A novel method for testing automatic systems for controlling the spray boom height. **Biosystems Engineering**, v. 174, n. 1, p. 115-125, 2018.

HILZ, E.; VERMEER, A. W. P. Revisão da deriva de pulverização: A extensão em que uma formulação pode contribuir para a redução da deriva de pulverização. **Crop Prot**, v. 44, p. 75–83, 2013.

HIMEL C. M., LOATS H., BAILEY G. W., 1990. Pesticide sources to the soil and principles of spray physics. **In Pesticides in the Soil Environment**. SSSA Book Series 2. Soil Science Society of America, Madison, WI, p. 7–50, 1990.

HONG, S. W. *et al.* Abordagens de dinâmica de fluidos para predição de deriva de pulverização de aplicações de pesticidas no solo: uma revisão. **Agronomy**, v. 11, p. 1182, 2021.

HUSSAIN, A. K.; ALHEIDARY, MAJID H. Laboratory determination of spray characteristics using a full hollow cone nozzle at different heights and operation pressures. **Revista Bionatura**, v. 8, n. 4, p. 55, 2023.

IBAMA. **Boletins anuais de comercialização de agrotóxicos**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acesso em: 20 jan. 2025.

JEON, H. Y. *et al.* Sprayer boom instrumentation for field use. **Transactions of the ASAE**, v. 47, n. 3, p. 659-666, 2004.

JOMANTAS, T. *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.

JUNIOR, W. C. J. *et al.* Efeito do clima na eficiência dos fungicidas empregados no manejo de doenças de 45 plantas. In: ZAMBOLIM, L. *et al.* (Ed.). **Produtos fitossanitários (Fungicidas, Inseticidas, Acaricidas e Herbicidas)**. Viçosa: UFV, cap. 2, p. 27-76, 2008.

KALINIEWICZ, Z. *et al.* The influence of selected operating parameters of a sprayer on boom stability. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 219, p. 108787, 2024.

KAPPAUN, R.; MEIRA JÚNIOR, A. D. de; WALBER, M. Parameters for modeling passive spray boom suspensions. **Engenharia Agrícola**, v. 3, p. 368-378, 2021.

KIRK, I.W., Measurement and prediction of atomization parameters from fixed-wing aircraft spray nozzles, **Trans ASABE**, v. 50 n. 3 , p. 693-703 , 2007.

KLUZA, P. A.; KUNA-BRONIOWSKA, I.; PARAFINIUK, S. Modelagem e predição da uniformidade da cobertura de líquido de pulverização de pontas de pulverização de leque plano. **Sustainability**, v. 11, p. 6716, 2019.

KOC, C. Structural analysis of field sprayer booms. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 1, p.147-155, 2015.

KOUAME, K. B.-J. *et al.* Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control affected by weed size and herbicide spray solution with nozzle type pairings. **Weed Technology**, v. 38, p. e17, 2024.

KRUGER, G. R. Pesticide application technology in the 21st century. In: INTEGRATED CROP MANAGEMENT CONFERENCE, Iowa. **Proceedings [...]**. Iowa: Iowa State University, p. 97, 2013.

KRUGER, G. R. Spray drift of pesticides. G1773 – Índice: Pesticidas, Equipamentos Gerais. **Extensão Nebraska**, 2019.

LESNIK, M., STAJNKO, D., VAJS, S. Interactions between spray drift and sprayer travel speed in two different apple orchard training systems. **Int. J. Environ. Sci. Technol.** v. 12, p. 3017-3028, 2015.

LIPÍŃSKI, A. J. *et al.* Influence of agricultural spray boom instability on concentration uniformity. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 10, p. 100432, 2022.

LOPES, R. B. *et al.* Susceptibility of *Dalbulus maidis* to insect-pathogenic fungi: unveiling the protective role of brochosomes and self-cleaning behavior. **Journal of Pest Science**, p. 1-10, 2024.

- MACIEL, C. F. S. *et al.* Sprayed liquid loss due to evaporation in different psychrometric conditions. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.244-250, 2017.
- MAGDALENA J. C. *et al.* Pasado y presente de La aplicación de agroquímicos em agricultura. In: **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Rio Negro: CYTED p. 17-26, 2010.
- MAKHNENKO, I. *et al.* A review of liquid blade breakage: Perspectives on agricultural spraying. **J. Aerosol Sci**, v. 157, p. 105805, 2021.
- MANEA, D. *et al.* Simulation of mechanical parameters of sprayer boom. **Engineering for rural development**, v. 23, n. 1, p. 45-51, 2018.
- MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO SA. **Guia de Bicos**. 2023. Disponível em: [HTTPS://JACTO.COM/BRASIL/PRODUCTS/BICOS-E-ACESSORIOS/GUIA-DE-BICOS](https://jacto.com/brasil/products/bicos-e-acessorios/guia-de-bicos). Acesso em: 01 set. 2024.
- MARUBAYASHI, R; Y. P. *et al.* Redução da deriva de inseticida por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 282-287, 2021.
- MASSOLA, M. P. *et al.* Spray volume distribution pattern and droplet size spectrum of ceramic nozzles. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 804-809, 2018.
- MATTHEWS, G. A. Developments in application technology. **Environmentalist**, v. 28, p.19-24, 2008.
- MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 3th ed. London: Blackwell, p. 432, 2000.
- MATUO T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.
- MILLER, P. C. H. *et al.* Reducing the risk of drift from boom Sprayers. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, p. 110-124, 2004.
- MOTA, A. A. B. **Quantificação está incluída e espectro de gotas de pontas de intensidade em aplicações com adjuvantes**. 74f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, 2011.
- NASCIMENTO, A. B. *et al.* Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 105-110, 2012.
- NAUMANN, T. *et al.* Avaliação da ocorrência e do risco ecológico de neonicotinoides e inseticidas relacionados no Mar de Bohai e seus rios circundantes, China. **Water Research**, v. 209, n. 1, p. 117912, 2022.

NUYTTENS, D. *et al.* Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 1: Meteorological conditions. **Aspects of Applied Biology**, v.77, p.1-8, 2006.

NUYTTENS, D. *et al.* Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 2: Spray application technique. In: Alexander, L. *et al.* (Ed.). **International advances in pesticides application 2006**. Warwick: Aspects of Applied Biology, cap. 1, p. 1-9, 2006.

NUYTTENS, D. *et al.* The variation of operator-controlled variables in influencing crop spraying productivity. **Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers)**, v. 4, 2007.

OLIVEIRA R. B.; ANTUNIASSI U. R.; GANDOLFO M. A.; Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 109-116, 2015.

OLIVEIRA, G. M. D. *et al.* Potential drift and injury of herbicides sprayed in a wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 1, p. 75-82, 2019.

OLIVEIRA, R. B. *et al.* Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 986-992, 2013.

PASCUZZI, S. *et al.* A brief review of nozzle spray drop size measurement techniques. **In: IEEE, International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)**, p.351–355, 2021.

PERECIN, D. *et al.* Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.2, p.175-182, 1998.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: **Agropecuária**. p. 478, 2002.

PERINE, J. *et al.* Effect of nozzle selection on deposition of thiamethoxam in Actara® spray drift and implications for off-field risk assessment. **Sci. Total Environ**, v. 772, p. 144808, 2021.

PONTELLI, C. O. *et al.* Comparison of two types of passive boom suspension under simulated standardized test track conditions. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 761-775, 2010.

PRADO, E.P. *et al.* Taxa de aplicação e uso de surfactante siliconado na deposição da pulverização e controle da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 514-527, 2015.

PRIVITERA, S. *et al.* Drop size measurement techniques for agricultural sprays: A state-of-the-art review. **Agronomy**, v.13, n.3, p. 678, 2023.

RADONS, S. Z. *et al.* Condições prejudiciais para a agricultura agrícola no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 1, p. 36-43, 2022.

RAETANO, C. G. *et al.* Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Ed.), **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte, Botucatu, SP: FEPAF, 2011.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2a ed. rev. amp. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF. p. 17-27, 2019.

RAETANO, C.G; MOTA, A. A. B. Pontas de pulverização hidráulica. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2a ed. rev. amp. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF. p. 67-90, 2019.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; ALVARENGA, C. B. de. Desempenho operacional de pontas hidráulicas na determinação de parâmetros de intensidade hidropneumática. **Revista Biociências**, Uberlândia, v. 1, p. 8 a 15, jan. 2012.

RUEDELL, J. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Plantio Direto**, v. 19, n. 6, p. 9-11, 2002.

SANTOS, J. M. F. Aspectos críticos na aplicação de defensivos agrícolas. In: XIII REUNIÃO ITINERANTES DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Instituto Biológico, p.108-128, 2005.

SCHÖNENBERGER, U. T.; SIMON, J.; STAMM, C. Are spray drift losses to agricultural roads more important for surface water contamination than direct drift to surface waters?, **Science of The Total Environment**, v. 809, p. 151102, 2022.

SHICHOCKI, D. **Metodologia de inspeção de pulverizadores hidráulicos e hidropneumáticos na região do alto Paranaíba**. 67 f. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2013.

SIJS, R. Drop size measurement techniques for sprays: Comparison of image analysis, phase doppler particle analysis, and laser diffraction. **AIP advances**, v. 11, n. 1, 2021.

SILVA, A. A. (Org.). **Plantas daninhas, herbicidas**. 2a ed. São Paulo - SP: Oficina de textos, p. 155-200, 2022.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, R. B.; GANDOLFO, M. A. Mapping of the time available for application of pesticides in the state of Paraná, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 40, p. e.39421, 2018.

SILVA, Adenilson de Souza. **AERONAVE REMOTAMENTE PILOTÁVEL NA QUALIDADE DA APLICAÇÃO**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2023

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE DEFESA VEGETAL – SINDIVEG. **Área tratada com defensivo agrícola crescem 10,9% no Brasil.**

Disponível em: < <https://sindiveg.org.br/ultimas-noticias/area-tratada-com-defensivos-agricolas-crescem-109-no-brasil/> >. Acesso em: 14 out. 2024.

SIRMOUR, A.; VERMA, A. Droplet size characterization of agricultural sprays using laser diffraction. **Int. J. Chem. Stud**, v. 7, p.2895–2899, 2019.

SOBOTKA, S. M, LIPINSKI, A. J. A new structure of the stabilization system of a suspended sprayer boom. **Agricultural Engineering**, v. 1, n. 153, p. 127-132, 2015.

SOUSA ALVES, G. *et al.* Obradovic, A.; Grujic, M. Deriva de pulverização de aplicações de dicamba e glifosato em um túnel de vento. **Weed Technol**, v. 31, p. 387–395, 2017.

SOUZA L. A.; CUNHA J. P. A. R.; PAVANIN L. A. Eficácia e perda do herbicida 2,4-d amina aplicado com diferentes volumes de calda e pontas de pulverização. **Planta Daninha**, v. 29, p. 1149-1156, 2011.

STATISTA. **Forecast agricultural consumption of pesticides worldwide from 2023 to 2027.** Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1401556/global-agricultural-use-of-pesticides-forecast/>. Acesso em: 8 jan. 2025.

STRUGER, J. *et al.* Destino e exposição ambiental; neonicotinoides e fipronil. **Ciência Ambiental Poluição Res.**, v. 22, p. 35 – 67, 2015.

STRUGER, J. *et al.* Factors influencing the occurrence and distribution of neonicotinoid insecticides in surface waters of southern Ontario, Canada. **Chemosphere**, v. 169, p. 516-523, 2017.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**, 1997. Disponível em: < <https://athenaeum.libs.uga.edu/bitstream/handle/10724/34969/reducing.pdf?sequence=>> . Acesso em: 23 de abril 2024.

SYBERTZ, A. Simulação de séries de pulverização de pesticidas na prática agrícola revela evidências de acúmulo de risco ambiental no solo. **Sci. Total Environ.** v. 710, p.135004, 2020.

TAHMASEBI, M. *et al.* Vibration suppression of sprayer boom structure using active torque control and iterative learning. Part I: Modelling and control via simulation. **Journal of Vibration and Control**, v. 24, n. 20, p. 4689-4699, 2018.

TAVARES, A. A. C. *et al.* Aplicação eficiente de fungicidas e inseticidas. **Cultivar**, 05 jun. 2020.

TEEJET TECHNOLOGIES. **A user’s guide to spray nozzles.** 2013. Disponível em: https://www.teejet.com/pt-br/-/media/dam/agricultural/usa/sales-material/product-market-bulletin/li-tj416_user-guide-to-spray-technology.pdf. Acesso em: 09 abr. 2024.

TEIXEIRA, M. M. **Influência del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 310 f. Tese (Doutorado) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TORRENT, X. *et al.* Comparação entre bicos padrão e redutores de deriva para aplicação de pesticidas em citros: Parte I. Efeitos na deriva do túnel de vento e da pulverização de campo. **Crop Prot**, v. 96, p. 130–143, 2017.

VIANA, R. G. *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439–446, 2010.

VITÓRIA, E. L.; LEITE, J. U. Q. espectro de gotas de pontas de pulverização de jato cônico vazio. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1551-1559, 2014.

XU, L. *et al.* Evaporation rate and development of wetted area of water droplets with and without surfactants at different locations on waxy leaf surfaces. **Biosystems Engineering, Philadelphia**, v. 106, n. 1, p. 58-67, 2010.

XUE, S. *et al.* Longitudinal drift behaviors and spatial transport efficiency for spraying pesticide droplets. **Int. J. Heat Mass Transf**, v. 177 p. 121516, 2021.

YU, Y. *et al.* Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. **Biosystems Engineering, Philadelphia**, v. 104, n. 3, p. 324-334, set. 2009a.

YU, Y. *et al.* Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 52, n. 1, p. 39-49, 2009b.

YUAN, J. *et al.* Urbanization, rural development and environmental health in China. **Environmental Development**, v. 28, n. october, p. 101-110, 2018.

ZAMPIROLI, R. *et al.* Use of different spray volumes and hydraulic nozzles in air-assisted electrostatic insecticide application technologies to control coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) populations. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 44, p. e53751, 2022.

ZHAI, Z. *et al.* Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, n. 1, 2020.

ZHAO, H *et al.* Efeitos de pulverizadores e pontas na deriva de pulverização e resíduos terminais de imidacloprido no trigo. **Crop. Prot**, v. 60, p. 78–82, 2014.

ANEXO

Tabela 5. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,25 m.

Rep.	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	TMed	URMin	URMax	URMed	Volume		Volume Deslocado	Porcentagem
										Coletado (L)	Horário inicial / Horário Final		
1	3,00	5,45	3,76	15,4	15,5	15,4	70	72	71,2	3,210	09:25 / 09:30	1,990	38,27
2	2,50	4,90	3,74	15,5	15,6	15,6	70	72	70,8	2,100	09:35 / 09:40	3,100	59,62
3	2,61	4,80	3,92	15,9	16,1	16,0	68	71	69,5	2,060	09:45 / 09:50	3,140	60,38
4	2,19	5,19	2,47	16,1	16,4	16,2	68	70	68,9	2,015	09:55 / 10:00	3,185	61,25
5	2,31	4,69	3,75	16,5	16,8	16,6	67	69	68,3	2,165	10:05 / 10:10	3,035	58,37
6	1,81	5,00	3,45	16,7	16,9	16,8	67	69	67,9	2,120	10:15 / 10:20	3,080	59,23
7	2,00	3,31	2,59	17,1	17,5	17,3	66	68	67,1	2,515	10:25 / 10:30	2,685	51,63
8	2,39	4,19	3,30	17,3	17,5	17,4	65	68	66,4	2,300	10:35 / 10:40	2,900	55,77
9	1,89	3,61	2,75	17,7	17,9	17,8	64	66	65,3	2,480	10:45 / 10:50	2,720	52,31
10	1,81	4,11	3,16	18,0	18,3	18,2	63	66	64,2	2,335	10:55 / 11:00	2,865	55,10
11	0,89	3,19	1,75	23,4	23,5	23,4	46	48	46,8	2,695	15:15 / 15:20	2,505	48,17
12	1,39	3,19	2,15	23,5	23,7	23,6	45	47	45,9	2,580	15:25 / 15:30	2,620	50,38
13	1,19	2,69	1,86	23,4	23,6	23,5	45	46	45,7	2,660	15:35 / 15:40	2,540	48,85
14	1,31	3,11	1,93	23,3	23,7	24,1	45	47	46,1	2,650	15:45 / 15:50	2,550	49,04
15	1,69	3,39	2,26	23,4	23,6	23,6	45	48	46,7	2,710	15:55 / 16:00	2,490	47,88
16	1,00	2,39	1,73	23,3	23,5	23,4	46	48	46,5	2,745	16:05 / 16:10	2,455	47,21
17	0,81	2,19	1,39	23,4	23,5	23,4	44	46	45,1	3,025	16:15 / 16:20	2,175	41,83
18	1,31	2,61	1,85	23,2	23,5	23,3	46	48	47,1	2,530	16:25 / 16:30	2,670	51,35
19	1,19	2,61	1,73	23,0	23,1	23,0	46	49	47,4	2,645	16:35 / 16:40	2,555	49,13
20	1,00	2,00	1,45	22,7	22,9	22,8	48	50	48,8	2,730	16:45 / 16:50	2,470	47,50
Média	1,71	3,63	2,55	19,9	20,2	20,06	56	58	57,26	2,514		2,687	51,66
CV	37,23	29,85	33,82	17,38	17,16	17,41	19,61	19,03	19,35	12,78		11,96	11,96
Sd	0,62	1,06	0,84	3,38	3,37	3,41	10,74	10,83	10,80	0,31		0,31	6,02

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (= (vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão.

Tabela 6: Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,50 m

Rep.	VVMIn	VVMax	VVMed	TMin	TMax	Tmed	URMin	URMax	URMed	Volume		Volume deslocado	Porcentagem	
										Coletado (L)	Horário inicial			Horário Final
1	0,00	1,19	0,53	9,1	9,3	9,2	83	85	84,1	3,600	08:30	08:35	1,600	30,77
2	0,00	1,11	0,50	9,7	9,8	9,8	81	84	83,1	3,790	08:40	08:45	1,410	27,12
3	0,00	0,69	0,23	9,8	10,3	10,1	81	83	81,7	3,820	08:50	08:55	1,380	26,54
4	0,00	0,61	0,14	10,5	11,0	10,8	78	82	79,8	4,590	09:00	09:05	0,610	11,73
5	0,19	1,19	0,71	11,2	11,4	11,3	78	81	79,2	3,130	09:10	09:15	2,070	39,81
6	0,00	0,50	0,11	11,5	11,9	11,7	76	78	76,5	4,730	09:20	09:25	0,470	9,04
7	0,00	1,11	0,28	12,5	12,7	12,6	73	76	74,7	4,365	09:30	09:35	0,835	16,06
8	0,00	0,81	0,23	12,8	13,2	13,0	72	77	74,1	4,455	09:40	09:45	0,745	14,33
9	0,00	1,19	0,47	13,2	13,7	13,5	72	74	72,7	3,635	09:50	09:55	1,565	30,10
10	0,00	1,31	0,39	13,4	13,6	13,5	71	75	73,0	3,525	10:00	10:05	1,675	32,21
11	0,00	1,11	0,59	21	21,3	21,2	49	50	49,7	2,825	15:30	15:35	2,375	45,67
12	0,39	1,11	0,73	21	21,5	21,2	48	50	49,1	2,335	15:40	15:45	2,865	55,10
13	0,11	1,31	0,49	21,1	21,4	21,4	48	51	49,1	3,580	15:50	15:55	1,620	31,15
14	0,19	1,00	0,56	21,1	21,5	21,3	48	50	48,9	3,005	16:00	16:05	2,195	42,21
15	0,00	0,81	0,41	21,2	22,0	21,5	48	51	49,5	3,900	16:10	16:15	1,300	25,00
16	0,31	1,61	0,74	21,2	22,2	21,5	48	51	49,9	3,530	16:20	16:25	1,670	32,12
17	0,00	1,11	0,42	21,7	22,0	21,9	48	51	49,3	4,155	16:30	16:35	1,045	20,10
18	0,00	0,61	0,18	21,4	22,4	21,8	48	51	49,4	3,880	16:40	16:45	1,320	25,38
19	0,00	0,00	0,00	20,8	21,2	21,1	49	52	50,9	4,495	16:50	16:55	0,705	13,56
20	0,00	0,31	0,05	20,4	20,6	20,4	52	53	52,4	4,750	17:00	17:05	0,450	8,65
Média	0,06	0,93	0,39	16,2	16,7	16,43	63	65	63,84	3,805			1,395	26,83
CV	197,24	41,41	58,38	31,46	31,34	31,28	23,42	22,82	23,04	17,27			47,11	47,11
Sd	0,11	0,38	0,22	4,98	5,09	5,01	14,28	14,51	14,34	0,64			0,64	12,32

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (=vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão

Tabela 7: Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,50 m.

Rep.	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	TMed	URMin	URMax	URMed	Volume Coletado L	Horario inicial	Horario Final	Volume deslocado	Porcentagem
1	0,69	2,00	1,35	23,1	23,3	23,2	40,0	42,0	41,4	1,800	08:40	08:45	3,000	62,50
2	0,19	2,19	1,21	23,6	23,9	23,8	40,0	43,0	40,9	2,470	08:50	08:55	2,330	48,54
3	0,11	2,00	1,10	24,0	24,2	24,1	40,0	41,0	40,5	2,680	09:00	09:05	2,120	44,17
4	0,39	1,81	1,05	24,5	24,6	24,6	40,0	41,0	40,5	2,485	09:10	09:15	2,315	48,23
5	0,11	1,11	0,64	24,7	25,1	24,8	40,0	42,0	41,1	2,925	09:20	09:25	1,875	39,06
6	0,50	2,39	1,28	25,5	25,6	25,5	39,0	41,0	39,9	1,940	09:30	09:35	2,860	59,58
7	0,61	2,00	1,18	26,0	26,2	26,1	38,0	40,0	39,0	2,445	09:40	09:45	2,355	49,06
8	0,00	3,31	1,21	26,7	27,2	26,9	37,0	41,0	38,2	2,600	09:50	09:55	2,200	45,83
9	0,00	1,31	0,45	28,3	29,1	28,7	34,0	38,0	35,9	3,380	10:00	10:05	1,420	29,58
10	0,11	2,39	0,88	29,3	29,9	29,6	32,0	34,0	32,9	2,920	10:10	10:15	1,880	39,17
Média	0,27	2,05	1,04	25,57	25,91	25,73	38,00	40,30	38,99	2,56			2,24	46,57
CV	94,34	29,68	28,23	7,95	8,54	8,22	7,55	6,41	6,96	18,10			20,77	20,77
Sd	0,24	0,58	0,28	1,93	2,10	2,00	2,72	2,45	2,58	0,44			0,44	9,18

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima ($m s^{-1}$); VVmin: velocidade do vento mínima ($m s^{-1}$); VVmed: velocidade do vento média ($m s^{-1}$); Tmax: temperatura máxima ($^{\circ}C$); Tmin: temperatura mínima ($^{\circ}C$); Tmed: temperatura média ($^{\circ}C$); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. $(= \text{vazão da ponta (L)} - \text{volume coletado(L)}) / 5,2 * 100$). CV: Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão

Tabela 8: Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,50 m.

Rep.	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	TMed	URMin	URMax	URMed	Volume		Volume deslocado	Porcentagem	
										Coletado (L)	Horário inicial			Horário Final
1	0,00	0,61	0,22	20,7	20,8	20,7	61	63	61,8	3,790	08:50	08:55	1,010	21,04
2	0,00	0,81	0,28	21,1	21,4	21,3	60	62	61,0	3,745	09:00	09:05	1,055	21,98
3	0,11	1,00	0,50	21,5	21,6	21,6	58	60	59,5	2,830	09:10	09:15	1,970	41,04
4	0,00	0,50	0,08	22,0	22,9	22,3	56	60	57,7	4,230	09:20	09:25	0,570	11,88
5	0,00	0,81	0,15	22,9	23,5	23,3	53	56	54,2	4,060	09:30	09:35	0,740	15,42
6	0,00	1,19	0,58	23,5	23,9	23,7	53	56	54,0	2,755	09:40	09:45	2,045	42,60
7	0,00	1,61	0,43	24,2	24,5	24,3	51	53	52,0	3,520	09:50	09:55	1,280	26,67
8	0,00	1,31	0,37	24,6	24,8	24,7	50	52	51,2	3,855	10:00	10:05	0,945	19,69
9	0,00	0,69	0,27	24,8	25,2	25,0	50	52	51,2	3,710	10:10	10:15	1,090	22,71
10	0,00	1,00	0,36	25,4	25,8	25,7	49	52	50,0	3,505	10:20	10:25	1,295	26,98
11	1,00	3,50	2,12	33,3	33,8	33,4	31	34	32,5	1,175	15:05	15:10	3,625	75,52
12	0,69	2,89	1,75	33,6	33,7	33,6	32	34	32,7	1,130	15:15	15:20	3,670	76,46
13	1,19	1,69	1,95	33,2	33,5	33,4	33	35	33,6	0,885	15:25	15:30	3,915	81,56
14	1,31	3,11	2,02	33,1	33,2	33,1	33	35	34,0	1,035	15:35	15:40	3,765	78,44
15	1,11	3,11	1,75	33,1	33,2	33,1	34	35	34,2	1,250	15:45	15:50	3,550	73,96
16	1,31	3,39	2,06	33,0	33,1	33,0	33	35	33,8	1,020	15:55	16:00	3,780	78,75
17	1,00	2,89	2,01	32,7	33,0	32,8	33	35	33,8	1,090	16:05	16:10	3,710	77,29
18	1,11	3,00	1,93	32,6	32,9	32,8	33	35	34,0	1,025	16:15	16:20	3,775	78,65
19	1,11	2,81	1,87	32,4	32,6	32,5	33	35	34,3	1,045	16:25	16:30	3,755	78,23
20	0,61	2,61	1,55	32,3	32,6	32,5	33	35	33,8	1,230	16:35	16:40	3,570	74,38
Média	0,53	1,93	1,11	28,00	28,30	28,14	43,45	45,70	44,45	2,344			2,456	51,16
CV	105,10	56,19	74,13	18,56	18,14	18,31	26,12	25,34	25,82	56,82			54,24	54,24
Sd	0,54	1,06	0,80	5,06	5,00	5,02	11,06	11,29	11,19	1,30			1,30	27,05

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (=vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão

Tabela 9. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 0,75 m.

Rep	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	Tmed	URMin	URMax	URMed	Volume Coletado (L)	Horário inicial	Horário Final	Volume deslocado	Porcentagem
1	0,69	2,50	1,41	13,3	13,4	13,4	78	79	77,8	1,775	08:30	08:35	3,425	65,9
2	1,11	4,19	2,35	13,4	13,5	13,4	75	76	75,7	1,135	08:40	08:45	4,065	78,2
3	0,61	2,69	1,76	13,2	13,3	13,2	75	77	75,8	1,585	08:50	08:55	3,615	69,5
4	0,61	3,61	1,66	13,6	13,9	13,8	72	74	72,8	1,440	09:00	09:05	3,760	72,3
5	0,89	3,61	1,99	14,1	14,4	14,3	69	72	70,5	0,965	09:10	09:15	4,235	81,4
6	0,69	3,00	2,06	14,5	14,7	14,7	69	71	69,7	1,330	09:20	09:25	3,870	74,4
7	0,39	3,39	2,06	14,6	14,9	14,7	68	70	68,7	1,120	09:30	09:35	4,080	78,5
8	0,11	3,00	1,52	14,7	15,2	15,1	66	69	67,3	1,245	09:40	09:45	3,955	76,1
9	0,31	3,11	1,43	15,1	15,4	15,2	65	69	67,0	1,405	09:50	09:55	3,795	73,0
10	0,50	2,19	1,36	14,7	15,5	15,1	65	69	67,1	1,555	10:00	10:05	3,645	70,1
11	0,61	3,31	1,86	18,5	18,7	18,6	54	57	54,9	1,155	15:30	15:35	4,045	77,8
12	1,11	3,39	2,29	18,2	18,5	18,4	54	58	55,0	0,775	15:40	15:45	4,425	85,1
13	1,61	3,81	2,56	18,0	18,3	18,1	54	55	54,2	0,765	15:50	15:55	4,435	85,3
14	1,61	4,50	2,79	17,9	18,4	18,1	55	58	55,8	0,285	16:00	16:05	4,915	94,5
15	1,50	3,31	2,43	18,0	18,1	18,0	54	58	55,5	0,470	16:10	16:15	4,730	91,0
16	1,50	4,69	2,94	17,5	17,8	17,7	56	58	56,5	0,450	16:20	16:25	4,750	91,3
17	1,50	3,50	2,41	17,6	17,6	17,6	56	58	57,1	0,570	16:30	16:35	4,630	89,0
18	1,50	4,00	2,17	17,4	17,7	17,5	57	59	57,8	0,605	16:40	16:45	4,595	88,4
19	1,11	3,39	2,26	17,0	17,3	17,2	57	59	57,5	0,495	16:50	16:55	4,705	90,5
20	1,50	3,61	2,32	16,7	17,0	16,8	58	60	58,6	0,785	17:00	17:05	4,415	84,9
Média	0,97	3,44	2,08	15,90	16,18	16,04	62,85	65,30	63,74	0,996			4,205	80,86
CV	50,4	18,1	21,9	12,1	12,0	12,0	13,1	12,2	12,9	44,2			10,5	10,5
Sd	0,48	0,61	0,44	1,88	1,89	1,87	8,03	7,76	8,00	0,43			0,43	8,25

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (=vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão

Tabela 10. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,00 m.

Rep	VVMIn	VVMax	VVMed	TMin	TMax	TMed	URMin	URMax	URMed	Volume		Volume Deslocado	Porcentagem
										Coletado (L)	Horário Inicial / Horário Final		
1	0,50	2,31	1,26	21,5	21,8	21,6	67	68	67,5	1,055	08:30 / 08:35	4,145	79,71
2	0,39	2,00	1,02	21,8	22,0	21,9	66	67	66,7	1,980	08:40 / 08:45	3,220	61,92
3	0,00	1,50	0,63	22,3	22,6	22,4	64	66	65,1	3,055	08:50 / 08:55	2,145	41,25
4	0,00	1,31	0,49	22,7	23,0	22,9	62	65	63,4	2,980	09:00 / 09:05	2,220	42,69
5	0,00	1,89	0,82	22,8	23,3	23,0	62	64	62,9	2,760	09:10 / 09:15	2,440	46,92
6	0,00	1,81	0,95	23,2	23,5	23,3	61	63	62,1	1,780	09:20 / 09:25	3,420	65,77
7	0,00	1,69	0,68	23,9	24,2	24,1	60	62	60,8	2,710	09:30 / 09:35	2,490	47,88
8	0,00	1,19	0,69	24,3	24,5	24,4	59	61	59,9	2,205	09:40 / 09:45	2,995	57,60
9	0,11	1,50	0,50	24,9	25,4	25,2	56	61	58,1	3,705	09:50 / 09:55	1,495	28,75
10	0,00	1,89	0,68	25,3	25,7	25,5	54	58	56,2	2,805	10:00 / 10:05	2,395	46,06
11	0,89	3,19	1,81	32,2	32,8	32,4	37	41	38,7	0,120	15:30 / 15:35	5,080	97,69
12	0,50	2,00	1,13	32,2	32,4	32,3	38	40	38,5	1,250	15:50 / 15:55	3,950	75,96
13	0,50	1,81	1,16	31,4	32,0	31,6	39	43	40,3	1,205	16:00 / 16:05	3,995	76,83
14	0,67	2,19	1,35	31,4	32,0	31,8	39	42	40,0	0,490	16:10 / 16:15	4,710	90,58
15	0,81	2,61	1,46	31,1	32,4	32,2	38	40	39,1	0,905	16:20 / 16:25	4,295	82,60
16	1,11	2,89	1,83	31,8	32,2	32,0	39	41	39,5	0,170	16:30 / 16:35	5,030	96,73
17	0,69	2,19	1,28	31,3	31,7	31,5	39	45	40,7	1,555	16:40 / 16:45	3,645	70,10
18	0,39	1,61	0,89	31,3	31,5	31,4	40	42	41,0	1,890	16:50 / 16:55	3,310	63,65
19	0,50	1,00	0,75	30,7	31,1	30,9	42	44	42,6	2,450	17:00 / 17:05	2,750	52,88
20	0,19	1,39	0,65	30,0	30,5	30,2	43	46	44,5	2,850	17:10 / 17:15	2,350	45,19
Média	0,36	1,90	1,00	27,31	27,73	27,54	50,25	52,95	51,37	1,896		3,304	63,54
CV	96,59	29,33	39,99	15,60	15,73	15,74	22,99	21,01	22,42	54,34		31,18	31,18
Sd	0,34	0,54	0,39	4,15	4,25	4,22	11,26	10,84	11,22	1,00		1,00	19,31

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (=vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão.

Tabela 11. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,00 m.

Rep	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	Tmed	URMin	URMax	URMed	Volume Coletado L	Horário inicial	Horário Final	Volume deslocado	Porcentagem
1	0,00	1,31	0,61	23,8	24,2	24,0	48	50	49,7	2,390	08:55	09:00	2,410	50,21
2	0,00	1,11	0,67	24,4	24,6	24,5	47	50	48,3	2,265	09:05	09:10	2,535	52,81
3	0,00	1,50	0,55	24,6	25,0	24,7	46	51	47,7	2,520	09:15	09:20	2,280	47,50
4	0,00	1,31	0,69	25,3	25,8	25,7	45	47	45,8	1,625	09:25	09:30	3,175	66,15
5	0,11	1,50	0,64	25,7	26,2	26,0	45	48	45,9	1,970	09:35	09:40	2,830	58,96
6	0,00	1,31	0,44	26,6	26,8	26,7	42	46	44,3	2,510	09:45	09:50	2,290	47,71
7	0,00	1,39	0,51	27,2	27,6	27,3	39	43	41,2	2,920	09:55	10:00	1,880	39,17
8	0,11	1,11	0,59	27,6	28,2	27,8	38	44	41,1	1,920	10:05	10:10	2,880	60,00
9	0,11	1,81	0,73	28,4	28,7	28,6	37	40	38,3	2,340	10:15	10:20	2,460	51,25
10	0,00	1,61	0,50	28,6	29,4	29,0	35	39	36,7	2,455	10:25	10:30	2,345	48,85
11	1,61	3,61	2,49	34,9	35,3	35,1	18	20	18,6	0,045	14:15	14:20	4,755	99,06
12	1,00	2,89	2,20	35,0	35,4	35,2	17	20	18,3	0,270	14:25	14:30	4,530	94,38
13	1,19	3,50	2,38	34,8	34,9	34,9	18	21	18,8	0,415	14:35	14:40	4,385	91,35
14	1,00	3,39	2,13	34,9	35,0	35,0	18	21	19,4	0,175	14:45	14:50	4,625	96,35
15	1,31	3,31	2,07	34,9	35,0	34,9	18	21	19,5	0,105	14:55	15:00	4,695	97,81
16	2,19	4,19	3,02	34,8	35,1	35,0	18	20	19,4	0,000	15:05	15:10	4,800	100,00
17	1,50	3,61	2,23	35,0	35,2	35,1	18	21	18,9	0,095	15:15	15:20	4,705	98,02
18	1,19	3,81	2,13	34,8	35,4	35,2	18	21	19,7	0,040	15:25	15:30	4,760	99,17
19	1,81	5,00	2,73	34,6	35,1	34,8	18	21	19,5	0,005	15:35	15:40	4,795	99,90
20	1,11	2,81	1,78	34,7	34,9	34,8	19	21	20,0	0,120	15:45	15:50	4,680	97,50
Média	0,71	2,50	1,45	30,53	30,89	30,71	30,10	33,25	31,53	1,209			3,591	74,81
CV	104,87	48,99	63,21	14,99	14,64	14,85	42,60	39,71	41,28	94,47			31,82	31,82
Sd	0,73	1,20	0,90	4,46	4,41	4,44	12,50	12,87	12,69	1,11			1,11	23,20

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (=vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão

Tabela 12. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,25 m.

Rep	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	Tmed	URMin	URMax	URMed	Volume Coletado	Horário inicial	Horário Final	Volume Deslocado	Porcentagem
1	1,00	2,19	1,32	20,8	21	21,0	83	86	84,1	0,400	08:40	08:45	4,800	92,31
2	1,00	2,39	1,64	21,6	22	21,8	79	83	80,7	0,105	08:50	08:55	5,095	97,98
3	1,19	2,69	1,95	22,1	22	22,1	77	80	78,8	0,270	09:00	09:05	4,930	94,81
4	1,11	2,69	2,24	22,3	23	22,4	77	78	77,6	0,040	09:10	09:15	5,160	99,23
5	0,50	2,50	1,69	22,5	23	22,7	75	78	76,8	0,145	09:20	09:25	5,055	97,21
6	0,50	3,31	1,81	23,4	24	23,5	72	74	73,5	0,670	09:30	09:35	4,530	87,12
7	0,00	2,39	1,18	23,6	24	24,0	71	74	72,0	1,495	09:40	09:45	3,705	71,25
8	0,19	3,11	1,93	24,2	24	24,2	69	71	70,6	0,690	09:50	09:55	4,510	86,73
9	0,31	3,00	1,31	24,2	25	24,5	69	71	69,8	1,850	10:00	10:05	3,350	64,42
10	0,50	1,81	0,99	25,1	25	25,1	68	69	68,4	1,475	10:10	10:15	3,725	71,63
11	0,00	0,39	0,09	30,4	31	30,7	43	45	44,3	3,985	15:30	15:35	1,215	23,37
12	0,00	0,11	0,01	29,7	30	29,9	44	47	45,8	4,475	15:40	15:45	0,725	13,94
13	0,00	1,00	0,21	30,3	31	30,3	40	46	42,9	3,375	15:50	15:55	1,825	35,10
14	0,00	1,61	0,68	29,9	31	30,2	43	47	44,6	1,925	16:00	16:05	3,275	62,98
15	0,00	0,11	0,01	31,3	32	31,5	40	45	42,5	4,345	16:10	16:15	0,855	16,44
16	0,00	0,19	0,01	30,6	31	31,0	41	44	42,2	4,520	16:20	16:25	0,680	13,08
17	0,00	0,00	0,00	30,5	31	30,6	40	44	41,9	4,545	16:30	16:35	0,655	12,60
18	0,00	0,11	0,01	30,2	30	30,3	42	45	43,2	4,380	16:40	16:45	0,820	15,77
19	0,00	0,50	0,08	30,4	31	30,5	41	44	42,1	3,940	16:50	16:55	1,260	24,23
20	0,00	0,31	0,02	30,1	30	30,2	42	44	42,9	4,305	17:00	17:05	0,895	17,21
Média	0,32	1,52	0,86	26,66	27,04	26,82	57,80	60,75	59,21	2,347			2,853	54,87
CV	137,14	79,51	96,15	14,62	14,59	14,58	29,41	27,21	28,40	77,65			63,86	63,86
Sd	0,42	1,18	0,81	3,80	3,84	3,81	16,57	16,11	16,39	1,78			1,78	34,16

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. $(=\text{vazão da ponta (L)}-\text{volume coletado(L)})/5,2*100$). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão.

Tabela 13. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,50 m.

Rep	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	TMed	URMin	URMax	URMed	Volume Coletado	Horário inicial	Horário Final	Volume Deslocado	Porcentagem
1	1,50	2,81	2,20	19,1	19,4	19,2	84	86	85,2	0,085	09:20	09:25	5,115	98,37
2	1,31	3,50	2,50	19,3	19,5	19,5	83	84	83,7	0,090	09:30	09:35	5,110	98,27
3	0,89	2,89	2,11	19,6	19,8	19,8	82	83	82,3	0,325	09:40	09:45	4,875	93,75
4	2,19	4,69	3,23	19,9	20,0	20,0	81	82	81,5	0,015	09:50	09:55	5,185	99,71
5	1,69	4,00	3,11	20,0	20,4	20,2	80	81	80,6	0,000	10:00	10:05	5,200	100,00
6	1,89	4,11	3,08	20,2	20,5	20,3	79	81	80,2	0,000	10:10	10:15	5,200	100,00
7	2,00	4,61	3,29	20,6	20,7	20,6	78	80	79,4	0,000	10:20	10:25	5,200	100,00
8	2,00	4,11	2,93	20,7	21,3	21,0	77	78	77,7	0,000	10:30	10:35	5,200	100,00
9	2,11	3,61	2,66	21,3	21,6	21,5	75	78	76,1	0,050	10:40	10:45	5,150	99,04
10	1,36	3,17	2,59	21,8	22,1	22,0	73	76	74,5	0,000	10:50	10:55	5,200	100,00
11	1,61	2,89	2,32	27,6	27,8	27,7	57	59	58,0	0,050	16:00	16:05	5,150	99,04
12	1,81	3,00	2,39	27,7	27,9	27,7	58	59	59,0	0,050	16:10	16:15	5,150	99,04
13	1,81	3,31	2,68	27,4	27,6	27,5	58	60	58,9	0,050	16:20	16:25	5,150	99,04
14	1,61	3,39	2,41	27,4	27,5	27,4	59	60	59,4	0,010	16:30	16:35	5,190	99,81
15	1,50	3,00	2,11	27,2	27,5	27,4	59	60	59,7	0,030	16:40	16:45	5,170	99,42
16	1,50	2,81	2,03	26,9	27,1	27,1	60	62	61,2	0,045	16:50	16:55	5,155	99,13
17	1,11	2,11	1,61	26,4	26,8	26,5	62	64	63,2	0,080	17:00	17:05	5,120	98,46
18	0,19	2,00	1,14	25,8	26,2	26,1	64	65	64,5	0,180	17:10	17:15	5,020	96,54
19	0,11	2,00	1,09	25,2	25,6	25,5	65	67	66,0	0,180	17:20	17:25	5,020	96,54
20	0,11	1,61	0,81	25,0	25,1	25,1	67	68	67,1	0,330	17:30	17:35	4,870	93,65
Média	1,42	3,18	2,31	23,46	23,72	23,59	70,05	71,65	70,89	0,079			5,122	98,49
CV	45,19	26,96	30,68	14,55	14,33	14,43	14,24	13,94	14,08	127,7			1,96	1,96
Sd	0,62	0,84	0,69	3,33	3,31	3,32	9,72	9,74	9,73	0,10			0,10	1,88

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (= (vazão da ponta (L) - volume coletado(L)) / 5,2 * 100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão.

Tabela 14. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,50 m.

Rep	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	Tmed	URMin	URMax	URMed	Volume Coletado (L)	Horário inicial	Horário Final	Volume deslocado	Porcentagem
1	0,00	0,89	0,40	23,3	23,3	23,3	52	55	52,9	2,465	08:50	08:55	2,335	48,65
2	0,11	0,89	0,42	23,1	23,8	23,6	51	53	52,2	2,995	09:00	09:05	1,805	37,60
3	0,00	1,00	0,44	24,3	24,8	24,6	48	52	49,8	2,795	09:10	09:15	2,005	41,77
4	0,19	2,00	0,84	25,2	25,2	25,2	47	49	47,9	2,035	09:20	09:25	2,765	57,60
5	0,00	1,89	0,94	25,6	25,9	25,7	45	49	46,6	1,565	09:30	09:35	3,235	67,40
6	0,00	1,11	0,44	26,5	26,9	26,8	43	47	44,5	2,450	09:40	09:45	2,350	48,96
7	0,89	2,19	1,57	27,0	27,2	27,1	40	43	41,2	0,095	09:50	09:55	4,705	98,02
8	0,31	2,31	1,29	27,8	28,0	27,9	38	41	39,3	0,770	10:00	10:05	4,030	83,96
9	0,81	2,19	1,57	28,2	28,4	28,3	36	38	36,7	0,165	10:10	10:15	4,635	96,56
10	0,19	1,89	1,05	28,7	29,0	28,9	35	37	35,9	0,665	10:20	10:25	4,135	86,15
11	0,00	2,39	0,93	35,2	36,0	35,7	16	21	16,8	1,370	14:15	14:20	3,430	71,46
12	0,50	2,61	1,40	35,2	35,6	35,4	16	19	17,2	0,260	14:25	14:30	4,540	94,58
13	0,11	1,31	0,70	35,3	35,9	35,7	16	19	17,3	1,365	14:35	14:40	3,435	71,56
14	0,11	2,19	0,94	35,8	36,6	36,2	15	19	16,4	1,095	14:45	14:50	3,705	77,19
15	0,39	2,00	0,98	35,6	36,0	35,8	16	19	17,0	0,865	14:55	15:00	3,935	81,98
16	0,11	1,81	0,58	36,0	36,0	36,0	17	21	18,1	1,830	15:05	15:10	2,970	61,88
17	0,50	3,00	1,54	35,6	36,2	35,8	17	19	17,6	0,305	15:15	15:20	4,495	93,65
18	0,00	1,81	0,75	35,9	36,1	36,0	17	19	17,9	1,235	15:25	15:30	3,565	74,27
19	0,00	1,19	0,35	37,5	36,2	35,9	16	19	17,5	2,715	15:35	15:40	2,085	43,44
20	0,00	1,50	0,54	35,7	36,3	35,9	17	20	18,4	1,935	15:45	15:50	2,865	59,69
Média	0,21	1,81	0,88	30,88	31,17	30,98	29,90	32,95	31,03	1,449			3,351	69,82
CV	129,86	32,91	46,75	16,96	16,77	16,66	48,76	43,96	47,14	64,09			27,71	27,71
Sd	0,27	0,58	0,40	5,10	5,10	5,03	14,21	14,12	14,26	0,91			0,91	18,86

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (=vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão.

Tabela 15. Agrupamento dos resultados das condições meteorológicas e do volume deslocado na Altura da barra de pulverização a 1,50 m.

Rep	VVMin	VVMax	VVMed	TMin	TMax	TMed	URMin	URMax	URMed	Volume Coletado L	Horário inicial	Horário Final	Volume deslocado	Porcentagem
1	2,00	4,58	3,12	20,5	20,6	20,64	72	74	73,05	0,025	08:30	08:35	4,775	99,48
2	2,28	5,08	3,30	20,7	21,4	21,12	70	72	71,30	0,000	08:40	08:45	4,800	100,00
3	2,50	4,11	3,32	21,5	22,0	21,65	67	70	68,90	0,000	08:50	08:55	4,800	100,00
4	3,39	5,09	3,95	21,1	22,0	22,07	67	68	67,55	0,000	09:00	09:05	4,800	100,00
5	2,69	4,58	3,53	22,2	22,6	22,44	66	67	66,45	0,000	09:10	09:15	4,800	100,00
6	1,69	3,08	2,49	22,6	22,8	22,66	65	66	65,70	0,010	09:20	09:25	4,790	99,79
7	0,78	3,61	2,02	22,8	23,1	22,94	64	66	64,80	0,050	09:30	09:35	4,750	98,96
8	0,89	3,08	1,69	23,4	23,7	23,50	61	63	62,10	0,920	09:40	09:45	3,880	80,83
9	0,58	2,58	1,48	23,8	24,2	24,01	59	61	59,75	1,265	09:50	09:55	3,535	73,65
10	0,61	3,19	1,74	24,1	24,4	24,10	58	59	58,30	0,580	10:00	10:05	4,220	87,92
11	0,61	2,31	1,42	33,1	33,2	33,12	31	34	31,70	0,505	14:20	14:25	4,295	89,48
12	0,11	2,31	0,70	33,4	33,9	33,74	30	32	30,40	2,300	14:30	14:35	2,500	52,08
13	0,31	1,00	0,42	34,3	34,5	34,40	29	32	29,85	1,945	14:40	14:45	2,855	59,48
14	0,11	1,69	0,83	33,8	34,2	33,92	28	32	30,15	1,440	14:50	14:55	3,360	70,00
15	0,19	2,69	1,59	33,5	34,3	34,02	28	31	29,40	0,345	15:00	15:05	4,455	92,81
16	0,61	2,39	1,53	33,9	34,2	34,03	27	30	28,20	0,425	15:10	15:15	4,375	91,15
17	0,00	1,81	0,82	34,0	34,5	34,10	26	29	27,10	1,775	15:20	15:25	3,025	63,02
18	0,00	2,11	1,15	34,2	35,2	34,90	25	28	26,00	0,425	15:30	15:35	4,375	91,15
19	0,11	2,69	0,99	34,5	34,6	34,57	24	28	25,00	1,420	15:40	15:45	3,380	70,42
20	0,00	1,00	0,52	34,7	35,0	34,86	24	31	26,00	1,545	15:50	15:55	3,255	67,81
Média	0,97	2,95	1,83	28,11	28,52	28,34	46,05	48,65	47,09	0,75			4,05	84,40
CV	108,4	41,8	59,5	21,6	21,3	21,3	42,7	38,5	41,5	101,7			18,8	18,8
Sd	1,03	1,20	1,06	5,91	5,91	5,89	19,16	18,27	19,04	0,74			0,74	15,46

*Rep.: Repetição; VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); URmáx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Vol. Coletado: Volume coletado; Horário Inicial; Horário Final; Volume deslocado; Porcentagem. (=vazão da ponta (L)-volume coletado(L))/5,2*100). CV; Coeficiente de variação; Sd: Desvio Padrão

