



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**controle da uniformidade de distribuição na irrigação por aspersão convencional  
em campo de gramados**

**Lucas Sodre de Oliveira**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no formato de Artigo de Pesquisa ao curso de Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Antonio Augusto Alves Pereira

**Florianópolis – SC**

**Novembro/2025**

# CONTROLE DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO NA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL EM CAMPO DE GRAMADOS

Lucas Sodre de Oliveira <sup>(1)\*</sup>, Antonio Augusto Alves Pereira <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga,1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis-SC, Brasil.

<sup>(2)</sup> Professor Associado, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga,1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis-SC, Brasil.

\*Autor Correspondente- E-mail: [contato.lucasodre12@gmail.com](mailto:contato.lucasodre12@gmail.com)

## Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por aspersão convencional utilizado em campo de produção de gramados, considerando a influência de variáveis operacionais e ambientais sobre o desempenho do sistema. O experimento foi conduzido em Biguaçu (SC), em área plana cultivada com *Zoysia japonica*, utilizando aspersores Plona KS1500, com dois espaçamentos distintos entre aspersores (30 x 24 m e 24 x 24 m). Foram analisados parâmetros como velocidade do vento, temperatura, raio de molhamento, lâmina aplicada e taxa de infiltração básica do solo. A uniformidade da irrigação foi avaliada por meio dos coeficientes de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, com taxa de infiltração média de 6 mm h<sup>-1</sup>, caracterizando baixa capacidade de infiltração. Os resultados mostraram que o menor espaçamento (24 x 24 m) proporcionou melhor desempenho, apresentando valores de CUC e CUD classificados como razoáveis, enquanto o espaçamento maior foi considerado ruim. A velocidade do vento foi o principal fator de variação na uniformidade. Conclui-se que ajustes no espaçamento entre aspersores e no manejo da irrigação são fundamentais para otimizar a eficiência e promover o uso racional da água.

**Palavras-chave:** Irrigação por aspersão, Produção de gramados, Uniformidade de irrigação, Coeficiente de uniformidade de Christiansen, Eficiência de aplicação.

## CONTROL OF DISTRIBUTION UNIFORMITY IN CONVENTIONAL SPRINKLER IRRIGATION IN LAWN FIELDS

### Abstract

The study aimed to evaluate the water application uniformity of a conventional sprinkler irrigation system used in turfgrass production fields, considering the influence of operational and environmental variables on system performance. The experiment was conducted in Biguaçu, Santa Catarina, Brazil, on a flat area planted with *Zoysia japonica*, using Plona KS1500 sprinklers with two different emitter spacings (30 x 24 m and 24 x 24 m). Parameters such as wind speed, air temperature, wetted radius, applied water depth, and basic soil infiltration rate were analyzed. Irrigation uniformity was assessed

using the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC) and the Distribution Uniformity Coefficient (CUD). The soil was classified as a Red-Yellow Argisol, with an average infiltration rate of 6 mm h<sup>-1</sup>, indicating low infiltration capacity. Results showed that the smaller spacing (24 x 24 m) provided better performance, with CUC and CUD values classified as fair, while the wider spacing was rated as poor. Wind speed was identified as the main factor affecting uniformity. It is concluded that adjustments in sprinkler spacing and irrigation management are essential to optimize efficiency and promote the rational use of water.

**Keywords:** Sprinkler irrigation; Turfgrass production; Irrigation uniformity; Christiansen's uniformity coefficient; Application efficiency.

## **Introdução**

No Brasil, a agricultura irrigada vem ganhando destaque e encontra-se em grande fase de expansão. As mudanças climáticas dos últimos anos têm aumentado a suscetibilidade das culturas em fases críticas de desenvolvimento, especialmente naquelas que requerem maior disponibilidade hídrica. A irrigação, nesse contexto, surge como uma alternativa essencial para garantir a produção agrícola mesmo em períodos com precipitações insuficientes. Além disso, reduz os estresses hídricos provocados por estiagens prolongadas e assegura estabilidade produtiva. Assim, o uso racional da água torna-se fundamental para a sustentabilidade agrícola (Taiz et al., 2017).

Contudo, a água deve ser utilizada de forma eficiente, pois, apesar de o Brasil concentrar cerca de 14% da disponibilidade mundial de recursos hídricos (Lanna, 2008), trata-se de um recurso limitado. Dessa forma, torna-se necessário escolher o método de irrigação mais adequado, considerando fatores como topografia, cultura, classe de solo e qualidade da água disponível. A frequência e a lâmina de irrigação também devem ser observadas, visando maximizar a eficiência do sistema. Essa seleção correta é essencial para evitar desperdícios e impactos ambientais negativos, garantindo maior produtividade agrícola (Soares, 2011).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1996b), o Brasil possui aproximadamente 8,2 milhões de hectares irrigados. A Agência Nacional de Águas (ANA, 2021) projeta que até 2040 sejam incorporados mais 4,2 milhões de hectares de área irrigada, demonstrando a expansão contínua do setor. Esse crescimento evidencia a necessidade de promover uma irrigação sustentável e tecnicamente planejada. A ampliação da área irrigada deve ser acompanhada de estratégias de manejo eficiente, de modo a compatibilizar produção e preservação dos recursos hídricos. Assim, busca-se garantir segurança alimentar e sustentabilidade ambiental.

Para o desenvolvimento de qualquer cultura, a água é considerada um recurso indispensável, visto que as células das plantas são compostas majoritariamente por água, podendo representar até 90% do seu peso. Ela é responsável pelo transporte de nutrientes e participa de diversos processos fisiológicos e bioquímicos essenciais (Taiz et al., 2017). Nesse contexto, a irrigação em gramados configura-se como uma atividade que compete diretamente por esse recurso natural. O uso intensivo da água na produção de gramas reforça a importância de adotar práticas de manejo sustentáveis. Dessa forma, busca-se equilibrar produtividade e conservação ambiental.

O cultivo de gramados movimenta uma cadeia produtiva significativa, presente em diversas aplicações, como cobertura de margens de rodovias, infraestrutura aeroportuária, paisagismo, controle de erosão e campos esportivos (Hoffmann, 2023). As espécies mais utilizadas são a grama-esmeralda (*Zoysia japonica*), a grama-são-carlos (*Axonopus compressus*) e a grama-bermuda (*Cynodon dactylon*). Para garantir a qualidade estética e funcional dos gramados, o manejo da irrigação deve ser eficiente e contínuo. Além disso, é fundamental considerar as características do solo e as condições climáticas locais. Assim, obtém-se um desenvolvimento uniforme e de qualidade da cobertura vegetal.

Os métodos mais empregados na irrigação de gramados são a aspersão convencional, os canhões autopropelidos e o pivô central (Neto, 2003). A escolha do sistema depende do porte da área, do tipo de solo e da uniformidade desejada. Uma irrigação bem dimensionada contribui para o crescimento equilibrado e reduz o desperdício de água. Dessa forma, o planejamento técnico do sistema torna-se determinante para sua eficiência produtiva e ambiental.

Os aspersores operam sob pressões elevadas e aplicam água em altas taxas, o que pode gerar escoamento superficial em solos com baixa capacidade de infiltração ou em terrenos declivosos (MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F., 2006). Além disso, a irrigação não ocorre de forma uniforme, sendo mais intensa próxima ao aspersor e menor nas extremidades. Assim, o ajuste do tempo de irrigação e o controle da uniformidade de aplicação são fundamentais para garantir eficiência. Esse controle permite que todas as áreas recebam volumes adequados de água, evitando déficit ou excesso, otimizando o uso de água

A irrigação por aspersão convencional apresenta como principal vantagem a maior eficiência de aplicação em relação aos métodos de irrigação por superfície (De Oliveira Paulino, 2013). Essa técnica permite um controle mais preciso da lâmina aplicada e

adapta-se a diferentes tipos de cultura e solo. No entanto, está sujeita a variações devido a condições meteorológicas, como velocidade e direção do vento, e a aspectos operacionais, como pressão de serviço e regulagem dos aspersores (Coelho, 1998). Portanto, o monitoramento constante das condições ambientais é indispensável, para assegurar a uniformidade e eficiência da irrigação.

Entre os fatores que interferem na eficiência do sistema, destaca-se a velocidade do vento, considerada um dos mais relevantes na distribuição da água em campo aberto (JUSTI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C., 2010). Ventos fortes podem desviar o jato, comprometendo a uniformidade da irrigação e causando falhas de cobertura. Dessa forma, sistemas que apresentam boa eficiência em condições ideais podem ter seu desempenho reduzido sob influência do vento. É recomendável realizar o manejo em horários de menor intensidade dos ventos, como início da manhã ou início da noite. Essa prática contribui para melhor uniformidade de aplicação e menor perda de água.

Para estimar a variação na distribuição de água, utilizam-se coeficientes estatísticos específicos. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) mede a uniformidade de aplicação com base na média dos desvios absolutos das lâminas coletadas (MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F., 2006). De acordo com Mantovani (2001), valores inferiores a 60% são considerados inaceitáveis, enquanto aqueles superiores a 90% são classificados como excelentes. A interpretação desses índices é essencial para identificar falhas no sistema e direcionar ajustes técnicos. Assim, é possível aprimorar o desempenho e reduzir desperdícios hídricos.

Outro índice amplamente utilizado na avaliação de sistemas de irrigação é o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Esse parâmetro relaciona os 25% menores valores de lâmina coletada com a média das vazões medidas (Bernardo et al., 2019). Valores abaixo de 36% indicam desempenho inaceitável, enquanto valores acima de 84% são considerados excelentes (Mantovani, 2001). O uso combinado de CUC e CUD permite uma análise mais completa da eficiência do sistema. Dessa forma, o manejo da irrigação torna-se mais preciso e adaptado às condições locais de operação.

Diante disso, pretende-se evitar processos erosivos e promover o uso racional e eficiente da água. Essa análise contribui para o aprimoramento técnico dos sistemas irrigados e para a sustentabilidade hídrica das atividades agrícolas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão convencional, em condições de campo e na produção de gramados,

considerando a influência do vento predominante. Buscou-se determinar a sobreposição adequada para que a lâmina média de irrigação esteja compatível com o limite de infiltrabilidade do solo.

### **Material e métodos**

O experimento foi conduzido em campo aberto, em uma área de produção pertencente à empresa JF Comércio de Gramas, localizada no município de Biguaçu, estado de Santa Catarina. A área experimental encontra-se situada nas coordenadas geográficas 27°30'23.10"S e 48°42'29.98"O, apresentando topografia predominantemente plana. Essa condição favorece a realização dos testes de uniformidade e reduz interferências externas no escoamento da água. Na região as condições climáticas conforme classificação climática de Köppen-Geiger identifica a localização como pertencente à categoria Cfa. Em Biguaçu, a temperatura média anual é de 19.8 °C.

Foi utilizado um sistema de irrigação por aspersão convencional, composto por aspersores Plona modelo KS1500, amplamente empregados em áreas de gramados devido à sua boa performance. Cada aspersor apresentava dois bocais, com diâmetros de 12 x 5 mm, vazão nominal de 7,27 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e raio de alcance de 24 m, segundo informações do fabricante. O sistema foi estruturado com duas linhas de distribuição principais, totalizando seis aspersores no conjunto. A tubulação principal possuía diâmetro de 75 mm, enquanto a linha porta-emissores apresentava diâmetro de 50 mm.

A tubulação de subida dos aspersores foi confeccionada em PVC rígido, com diâmetro de 50 mm e altura de 120 cm em relação ao solo. A disposição dos aspersores buscou garantir cobertura homogênea na área de ensaio, considerando a sobreposição dos jatos. Durante a montagem do sistema, foram realizadas verificações de vazão para assegurar que todos os emissores operassem de maneira uniforme.

O sistema de bombeamento foi composto por uma bomba centrífuga Thebe, modelo RL-20B, responsável por fornecer a pressão necessária ao funcionamento dos aspersores. O equipamento foi acionado por um motor elétrico trifásico WEG, com potência de 15 cv, voltagem de 380/660 V e corrente nominal de 21,0/12,1 A. A escolha desse conjunto foi baseada na demanda hidráulica do sistema e na necessidade de manter pressão constante durante a operação. Ensaio preliminares foram realizados para garantir o desempenho adequado da bomba.

Para a avaliação da uniformidade de aplicação de água, foram selecionados quatro aspersores localizados no início do sistema, onde as variações hidráulicas são menores.

Essa área foi denominada “área amostrada” e representou a parcela experimental do estudo. Os aspersores operaram com giro de 360°, de forma a cobrir integralmente o setor de análise. O delineamento experimental foi constituído por dois tratamentos distintos de espaçamento entre aspersores: o primeiro de 30 m x 24 m e o segundo de 24 m x 24 m. Essa variação permitiu comparar o desempenho e a uniformidade dos dois arranjos testados, com quatro repetições.

O tratamento 1, correspondente ao espaçamento de 30 m x 24 m, representou uma área irrigada de 720 m<sup>2</sup>, enquanto o tratamento 2, de 24 m x 24 m, totalizou uma área de 576 m<sup>2</sup>. Essa diferença permitiu avaliar a influência da sobreposição entre os jatos na uniformidade de distribuição de água.. A Figura 1 ilustra o croqui do projeto de irrigação, evidenciando a disposição dos aspersores e o posicionamento dos coletores utilizados na coleta das lâminas.

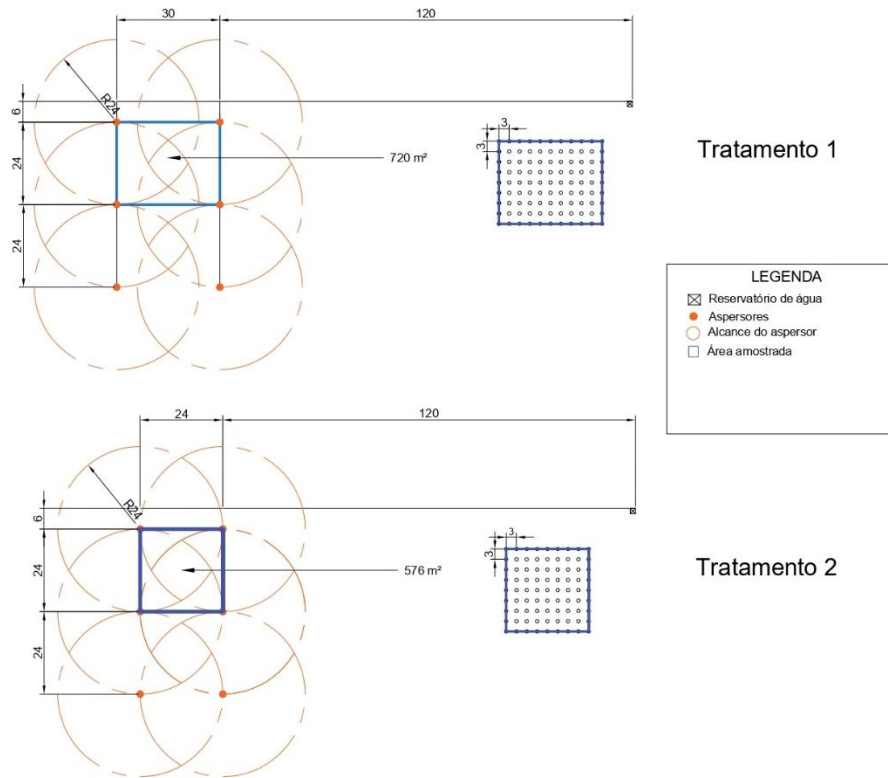
Foram realizadas quatro avaliações independentes para cada espaçamento testado, conduzidas em quatro dias distintos e sob condições ambientais similares. O sistema foi operado com a mesma pressão e o mesmo intervalo de tempo utilizado rotineiramente pelo agricultor, garantindo representatividade dos resultados. Essa divisão permitiu avaliar possíveis variações causadas pelas condições de vento ao longo do dia.

Durante cada avaliação, foram registradas as principais condições meteorológicas, incluindo velocidade do vento, temperatura do ar, umidade do solo e raio de molhamento de cada aspersor. A velocidade do vento e a temperatura foram determinadas com o auxílio de um termo anemômetro digital portátil, posicionado próximo à área experimental. A umidade do solo foi medida por meio de um medidor portátil de umidade, aplicado em diferentes pontos da área amostrada. Esses parâmetros auxiliaram na interpretação dos resultados obtidos e na compreensão das variações observadas na distribuição de água.

As repetições foram realizadas conforme o seguinte cronograma: a repetição 1 ocorreu em 19/09, a repetição 2 em 26/09, a repetição 3 em 28/09 e a repetição 4 em 29/09. Todas as atividades foram executadas no período das 15h às 16h, cada uma com duração aproximada de 15 minutos.

Na área amostrada, foram distribuídos uniformemente coletores plásticos sobre o solo, considerando que o gramado é uma cultura de porte rasteiro, o que facilita a instalação dos recipientes e a precisão das medições. O espaçamento entre os coletores foi definido em 3,0 m, de modo a permitir a representação adequada da lâmina aplicada em toda a área experimental. Esse arranjo possibilitou a avaliação detalhada da

uniformidade de distribuição de água, contemplando tanto as zonas de maior quanto de menor alcance do jato. A escolha da malha de coleta foi baseada em recomendações técnicas de avaliação de sistemas de irrigação por aspersão.

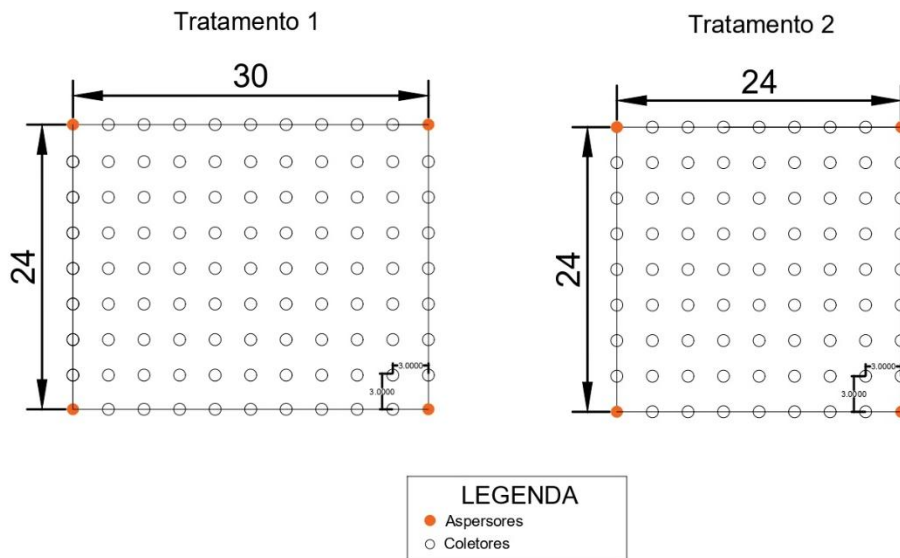


**Figura 1** - Croqui do projeto de irrigação

O conjunto de coletores foi composto por 100 recipientes plásticos da marca Copobras, cada um com altura de 112 mm e diâmetro de 77 mm, dimensões adequadas para evitar transbordamentos e permitir leitura precisa dos volumes coletados. Cada coletor foi acoplado a uma garrafa PET reciclável de 500 mL, utilizada como suporte, visando à estabilidade durante a aplicação da lâmina. Para a medição dos volumes retidos, utilizou-se uma proveta plástica graduada em milímetros, garantindo padronização nas leituras. Essa metodologia possibilitou a quantificação precisa da água aplicada e a posterior determinação dos coeficientes de uniformidade.

Durante o período experimental, o gramado encontrava-se em estágio médio de desenvolvimento, aproximadamente 60 dias após o plantio da espécie *Zoysia japonica*. Essa condição foi ideal para o estudo, pois representa uma fase de crescimento ativo e cobertura significativa do solo, sem interferir na coleta da água. As medições foram realizadas em condições ambientais locais, ocorrendo a influência de fatores externos

como vento e temperatura. A Figura 2 ilustra a disposição dos coletores na área experimental, evidenciando a malha de amostragem utilizada.



**Figura 2** – Distribuição dos coletores na área de estudo

Os coletores foram numerados de forma sequencial para facilitar a organização e a inserção dos dados em planilhas eletrônicas. Essa identificação permitiu maior controle na etapa de tabulação, além de possibilitar a determinação das coordenadas exatas de cada coletor. As coordenadas foram posteriormente utilizadas para a elaboração de representações tridimensionais da distribuição da lâmina de água. Esse procedimento contribuiu para a visualização espacial da uniformidade do sistema de irrigação. Assim, foi possível identificar áreas com excesso ou deficiência de aplicação.

Após a coleta dos dados de campo, foram calculados os principais parâmetros de desempenho do sistema de irrigação, dentre eles a lâmina média aplicada, expressa em milímetros por hora ( $\text{mm h}^{-1}$ ). Também foram determinados o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e a eficiência do sistema. Esses indicadores permitiram avaliar o desempenho hidráulico e a uniformidade da aplicação de água em diferentes condições de espaçamento. O tratamento e a análise dos dados foram realizados em ambiente computacional, utilizando planilhas eletrônicas, padronizando os cálculos e a reprodutibilidade dos resultados.

Para determinar a lâmina de água ideal a ser aplicada ao solo, foi conduzido o teste de infiltrabilidade, que fornece a Taxa Básica de Infiltração da água no solo (TIB) em

condições de saturação. O ensaio foi executado utilizando um infiltrômetro de anel, conforme metodologia descrita por Bernardo (2019). O equipamento foi instalado em área representativa do solo experimental, e as leituras foram realizadas em intervalos regulares de tempo. Os dados obtidos permitiram comparar a taxa de aplicação do sistema com a capacidade de infiltração do solo. Com os resultados, é possível ajustar o manejo de irrigação, evitando perdas por escoamento superficial.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi calculado a partir dos volumes e lâminas coletadas em campo, de acordo com a Equação 1. Esse coeficiente expressa o grau de homogeneidade da aplicação de água no sistema de irrigação, sendo amplamente utilizado em avaliações técnicas. Já o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi obtido considerando os 25% menores valores de precipitação coletados, conforme a Equação 2. Essa relação permite identificar eventuais falhas de cobertura e zonas com menor aporte hídrico. Ambos os coeficientes contribuem para a análise global da eficiência do sistema.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |L_i - L|}{n.L} \right) \quad \text{(Equação 1)}$$

Sendo:

**CUC** é o coeficiente de uniformidade de Christiansen, expresso em porcentagem;

**$L_i$**  é precipitação coletada nos coletores de ordem  $i$ , mm;

**$L$**  é a precipitação média ponderada, mm;

$\sum |L_i - L|$  é o módulo do somatório dos desvios absolutos dos valores de  $L_i$  em relação à média  $L$ ;

**$n$**  é o número de observações.

$$CUD = \left( \frac{q_{25}}{q} \right) \quad \text{(Equação 2)}$$

Sendo:

**CUD** é o coeficiente de uniformidade de distribuição, expresso em porcentagem;

**$q_{25}$**  é a média do menor quartil (25%)  $L \text{ h}^{-1}$ ;

**$q$**  é a média das vazões coletadas,  $L \text{ h}^{-1}$ ;

Segundo Mantovani (2001), os valores de CUC e CUD podem ser classificados conforme apresentado na Tabela 1, com o objetivo de avaliar e identificar o nível de eficiência do sistema de irrigação.

**Tabela 1.** Classificação do coeficiente de uniformidade (CUC e CUD)

Classificação	CUC (%)	CUD (%)
Excelente	> 90	> 84
Bom	80 – 90	68 – 84
Razoável	70 – 80	52 – 68
Ruim	60 – 70	36 – 52
Inaceitável	< 60	<36

Fonte: Mantovani (2001).

O software Surfer<sup>®</sup> foi empregado para a elaboração dos gráficos de superfície, com o objetivo de representar de forma espacial a distribuição da lâmina de água aplicada. A partir dos dados obtidos em campo, foram calculadas as médias das lâminas coletadas nas quatro repetições de cada tratamento, possibilitando uma visualização mais detalhada da uniformidade de aplicação.

### Resultados e discussão

Com a Taxa de Infiltração Básica (TIB) do solo, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2, os dados obtidos em campo, foi possível observar a taxa de infiltração ao longo do tempo, evidenciando o comportamento do solo durante o processo de infiltração. Verificou-se que, no início do ensaio, a taxa de infiltração apresentou valores elevados, reduzindo progressivamente conforme o solo se aproximava da saturação. Ao final do teste, observou-se uma tendência à estabilização, com a Taxa de Infiltração Básica média de aproximadamente 6 mm.h<sup>-1</sup>, caracterizando o solo como de baixa capacidade de infiltração.

**Tabela 2.** Determinação da infiltração acumulada (Ia) e da velocidade de infiltração (VI) pelo método do infiltrômetro de anel.

TEMPO		RÉGUA		Infiltração acumulada (mm)	Taxa de infiltração (mm/h)
Tempo (min)	Intervalo (min)	Leitura (cm)	Diferença (cm)		
0	0	13	0	0	0
1	1	12,8	0,2	2	120
3	2	12,6	0,2	4	60
5	3	12,5	0,1	5	20
10	5	12,3	0,2	7	24
15	5	12,1	0,2	9	24
20	5	12	0,1	10	12
25	5	11,9	0,1	11	12
30	5	11,8	0,1	12	12
40	10	11,5	0,3	15	18
50	10	11,2	0,3	18	18
60	10	10,9	0,3	21	18
75	15	10,8	0,1	22	4
90	15	10,6	0,2	24	8

Potter et al. (2004) classificou o solo da região em Argissolo vermelho-amarelo. Esse tipo de solo é característico de regiões úmidas, apresentando horizonte B bem desenvolvido, com acúmulo de argila e boa estrutura, porém com baixa saturação por bases e acidez elevada, o que pode influenciar nas propriedades físicas e hidráulicas. Em função de sua textura argilosa e estrutura mais compacta, esses solos tendem a apresentar baixa capacidade de infiltração de água, uma vez que a movimentação do fluxo hídrico nos poros é limitada. Esse comportamento está de acordo com os resultados obtidos no ensaio de infiltração, no qual a Taxa de Infiltração Básica (TIB) estabilizou em torno de  $6 \text{ mm.h}^{-1}$ , valor que confirma a baixa condutividade hidráulica do solo, típica de ambientes argilosos e com drenagem mais lenta.

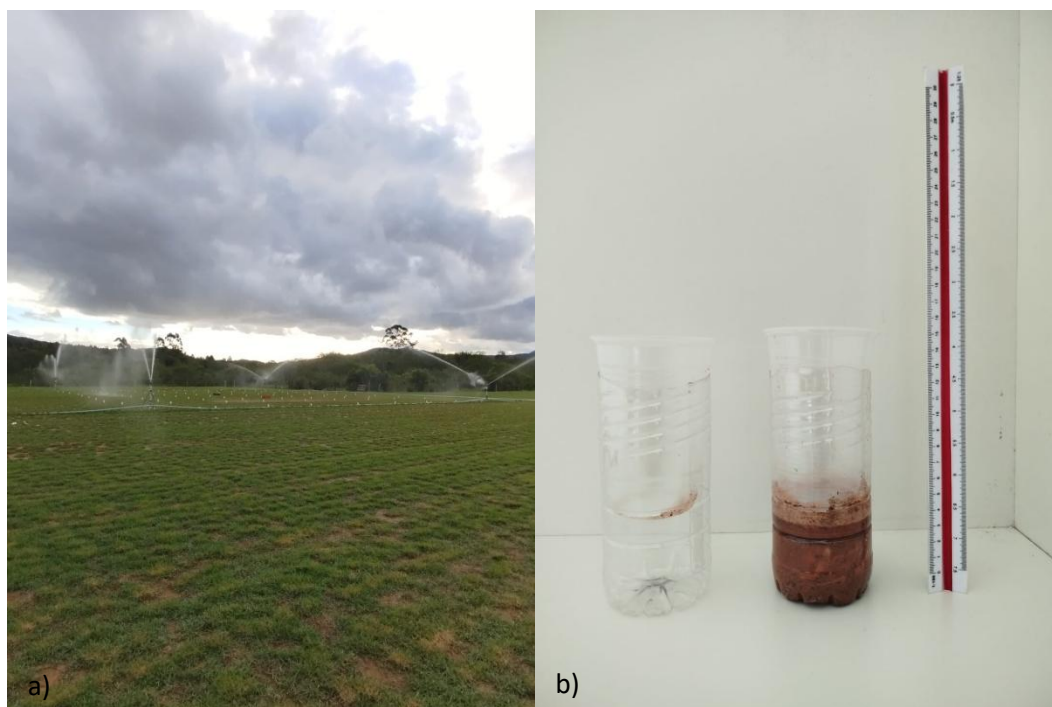
Observa-se que o solo investigado apresenta uma característica peculiar que merece destaque, sendo a presença de uma camada superficial composta por substrato argiloso, resultante da deposição de terra proveniente de jazidas da região, possivelmente oriunda do horizonte B de perfis de solo locais. Essa particularidade altera significativamente o comportamento físico-hídrico do solo, especialmente no que se refere à infiltração da água. A textura maior coesão das partículas de argila tendem a alterar a porosidade e a condutividade hidráulica do solo da propriedade, o que contribui para os baixos valores observados da Taxa de Infiltração Básica (TIB). Portanto, o desempenho hidráulico do solo não reflete apenas suas condições naturais, mas também a influência direta desse material exógeno incorporado à camada superficial, que atua como uma barreira parcial à infiltração.

A baixa taxa de infiltração de água observada no solo não está relacionada à compactação do perfil, uma vez que foram adotadas práticas adequadas de manejo visando à melhoria de suas condições físicas. Durante o preparo da área, foi realizada a descompactação mecânica do solo até 50 cm de profundidade, promovendo a ruptura das camadas adensadas e favorecendo o desenvolvimento radicular e a circulação de ar e água no perfil. Dessa forma, a limitação na infiltração e retenção hídrica está mais associada às características intrínsecas do solo, como sua textura argilosa e o baixo teor de matéria orgânica, do que a fatores estruturais provocados por compactação superficial.

A configuração dos aspersores foi definida com base nas informações técnicas fornecidas pelo fabricante, que indicavam que, sob pressão de 2,5 bar e utilizando o bocal 12x5mm, cada aspersor apresentaria vazão de  $7,27 \text{ m}^3/\text{h}$  e raio de molhamento de 24 metros. Não foi possível realizar a conferência da pressão do sistema de irrigação em campo entretanto para a condução do estudo, adotaram-se as mesmas configurações

especificadas no catálogo do fabricante. O sistema de irrigação já se encontrava ajustado aos parâmetros recomendados, garantindo o atendimento adequado da área molhada e a distribuição uniforme da lâmina de água. Ressalta-se que essa configuração segue o padrão utilizado rotineiramente pelo produtor, assegurando a eficiência operacional e a manutenção das condições de irrigação adotadas em campo.

Os aspersores permaneceram em funcionamento por quinze minutos em cada coleta, sendo o tratamento 1 realizado das 15h00 às 15h15 e o tratamento 2 das 15h50 às 16h05, procedimento repetido em todos os quatro dias de coleta. Dessa forma, a duração do teste está associada à profundidade do sistema radicular da cultura, que, por ser raso, não requer a aplicação de uma lâmina de irrigação elevada. Na figura 3 é mostrado a disposição dos coletores a campo com os aspersores ligados e os coletores utilizados.



**Figura 3.** Disposição dos coletores (a) e coletores utilizados (b)

Durante cada ensaio, os coletores foram devidamente posicionados na área amostral, garantindo a captura precisa da lâmina de água aplicada. Essa metodologia permitiu avaliar a uniformidade de distribuição da irrigação nas condições de campo com os dados obtidos sendo coletados logo após o término de irrigação para posterior análise da eficiência do sistema. Os dados observados de velocidade do vento, umidade do solo, temperatura, raio de molhamento obtido estão apresentados na Tabela 3, que reúne as principais variáveis medidas durante os ensaios.

**Tabela 3.** Valores dos parâmetros analisados

	Parâmetro	Médio	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coef. Variação	p-valor*
Tratamento 1	Vento (km/h)	4,75	2,40	7,30	2,18	45,88	0,57
	Temperatura (°C)	25,90	24,10	28,30	1,95	7,55	0,31
	Raio (m)	18,54	18,35	18,80	0,14	0,78	0,45
	Lâmina (mm/h)	3,88	3,60	4,14	0,27	6,87	0,27
Tratamento 2	Vento (km/h)	4,10	3,50	7,90	2,20	46,51	0,38
	Temperatura (°C)	25,73	24,10	27,70	1,71	6,66	0,29
	Raio (m)	18,62	18,43	18,90	0,11	0,61	0,42
	Lâmina (mm/h)	4,63	4,17	5,05	0,36	7,77	0,36

\*Distribuição normal pelo teste de normalidade de Anderson Darling, a 5% de significância.

Nos parâmetros meteorológicos avaliados, o vento apresentou o maior coeficiente de variação (para o tratamento 1 de 45,88% e para o tratamento 2 de 46,51%), resultado da amplitude observada no tratamento 1 entre 2,4 e 7,3 km/h e no tratamento 2 entre 3,5 e 7,9 km/h. Valores semelhantes foram relatados por Frigo (2013), que obteve um CV de 57,79% em sistema de aspersão convencional, a partir da análise de 30 ensaios com variação de velocidade do vento de 0 a 15,48 km/h, o que demonstra coerência e comparabilidade com os resultados obtidos neste estudo.

A temperatura apresentou variação para o tratamento 1 entre 24,1 °C e 28,3 °C e para o tratamento 2 entre 24,1 °C e 27,7 °C, resultando em coeficientes de variação de 7,55% e 6,66%, respectivamente. Essa amplitude térmica reduzida evidencia uma boa estabilidade dessa condição climática durante o experimento. Assim, temperaturas amenas e estáveis, como as observadas neste estudo, tendem a não comprometer de forma significativa a uniformidade de distribuição de água nem a eficiência do sistema de irrigação por aspersão.

O raio de molhamento apresentou o menor coeficiente de variação entre os parâmetros avaliados, com valores para o tratamento 1 de 0,78 e para o tratamento 2 de 0,61. De acordo com as especificações do fabricante e a configuração adotada, o aspersor deveria alcançar um raio de molhamento de 24 m em condições ideais de operação. Esses resultados indicam que fatores de campo, como a influência do vento e variações na pressão de serviço, podem ter contribuído para a redução do raio efetivo de alcance e, conseqüentemente, da uniformidade de distribuição da água ou informações fornecidas no catálogo do fabricante não são adequadas em condições de campo.

Bernardo (1989) aponta que, em condições de vento mais intenso, é recomendada a redução do espaçamento do diâmetro de cobertura dos aspersores, variando de 55% a

65% para velocidades de vento entre 0 e 7,2 km/h. Considerando as condições de vento registradas durante o experimento, o espaçamento entre aspersores poderia ter sido ajustado conforme essas recomendações. Observa-se que a média do raio de molhamento, de 18,54 m para o tratamento 1 e 18,62 m para o tratamento 2, está em concordância com os resultados relatados por Bernardo (1989) em relação à média fornecida pelo fabricante.

Dessa forma, observa-se que, embora os valores de raio de molhamento observados em campo estejam abaixo dos indicados pelo catálogo do fabricante, não houve variação significativa entre os aspersores. Esse resultado evidencia que, em condições de campo com a presença de ventos, é necessário ajustar o espaçamento ou a disposição dos aspersores, de modo a otimizar a sobreposição dos jatos e, conseqüentemente, melhorar a uniformidade de aplicação.

Em relação à lâmina de água, observou-se que a soma das lâminas aplicadas nos tratamentos 1 e 2 apresentou valores próximos, ou ligeiramente superiores, à taxa de infiltração máxima do solo, estimada em 8 mm. Esse resultado indica que um tempo de irrigação superior a 30 minutos não seria adequado para as condições do solo estudado, uma vez que poderia ocasionar processos erosivos superficiais (erosão laminar) e resultar em uma lâmina de água excessiva, promovendo um molhamento além do necessário para o desenvolvimento adequado da cultura de grama. Portanto, a manutenção de um tempo de irrigação compatível com a capacidade de infiltração do solo é essencial para garantir a eficiência do sistema e o uso racional da água.

Para efeitos de comparação entre os tratamentos, foi aplicado o teste de Tukey relacionados aos coeficientes de Christiansen, coeficiente de distribuição e lâmina de água, os quais são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Médias de lâmina de água, coeficiente de Christiansen e coeficiente de distribuição.

	Lâmina de água (mm/h)	CUC (%)	CUD (%)
Tratamento 1	3,88b	69,85a	55,96a
Tratamento 2	4,63a	74,18a	62,17a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey à 5,00% de probabilidade de erro.

Para a lâmina de água, observou-se diferença significativa entre os tratamentos, uma vez que o Tratamento 2 apresentou média superior ao Tratamento 1. A diferença de seis metros no espaçamento entre aspersores resultou em distintas lâminas médias

aplicadas, sendo que o menor espaçamento (24 m x 24 m) proporcionou uma maior lâmina média de irrigação devido ao maior grau de sobreposição das áreas molhadas. Esses resultados evidenciam que a configuração do espaçamento entre aspersores é um fator determinante no controle da lâmina de irrigação, influenciando diretamente tanto o volume de água aplicado quanto a eficiência do sistema de distribuição.

Além disso, conforme o catálogo do fabricante, cada aspersor apresenta uma vazão nominal de 7,27 m<sup>3</sup>/h. Com base nesse valor, a lâmina média teórica aplicada seria de 10,10 mm/h para o espaçamento de 30 × 24 m (tratamento 1) e de 12,62 mm/h para o espaçamento de 24 × 24 m (tratamento 2). Esses valores representam o desempenho ideal do sistema, sem influência de vento, evaporação ou qualquer outro tipo de perda.

No entanto, ao comparar essas lâminas teóricas com as lâminas médias observadas a campo, verificam-se reduções expressivas. A lâmina medida no tratamento 1 foi 63,3% inferior ao valor teórico, enquanto no tratamento 2 a diferença foi de 61,6%. Essa discrepância evidencia o efeito das condições reais de operação, especialmente a ação do vento e a irregularidade na distribuição dos jatos, que provocam redução da lâmina efetivamente aplicada e comprometem a uniformidade do sistema. As velocidades médias registradas para o vento são suficientes para provocar desvio do jato e deslocamento da lâmina aplicada em sistemas de aspersão. Esse efeito altera o padrão de sobreposição dos aspersores, resultando em acúmulo de água em determinadas regiões e déficit em outras, o que explica a redução significativa da lâmina média efetiva em relação aos valores teóricos.

Para os valores de CUC e CUD, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, indicando um comportamento estatisticamente semelhante quanto à uniformidade de aplicação da água. Com base na classificação proposta por Mantovani (2001) (Tabela 1), o Tratamento 1 enquadra-se na categoria ruim tanto para o CUC quanto para o CUD, enquanto o Tratamento 2 é classificado como razoável para ambos os coeficientes. Resultados semelhantes foram reportados por Mitiko (2017), que obteve valores de CUC e CUD variando entre 68,72% e 80,19% em estudos com sistemas de irrigação por aspersão, utilizando o mesmo modelo de aspersor sob condições de ventos relativamente menos intensos, o que também influenciou na uniformidade de aplicação.

Na Tabela 5 são apresentadas as análises obtidas a partir dos dados coletados em campo, contemplando os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de

distribuição (CUD), bem como a lâmina de água aplicada em cada repetição dos tratamentos avaliados.

**Tabela 5.** Valores de lâmina de água, coeficiente de Christiansen e coeficiente de distribuição a partir dos dados coletados para cada repetição e tratamento.

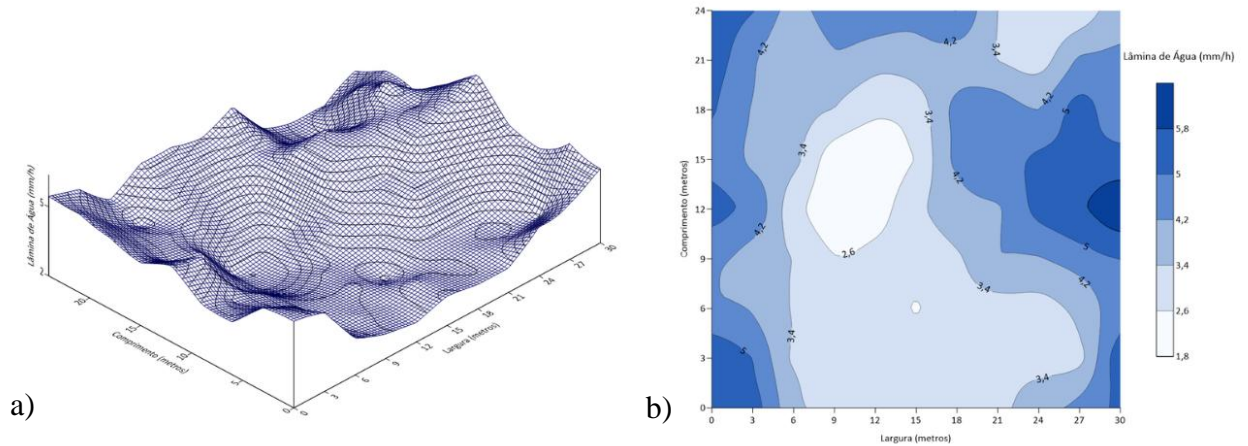
	Repetição	Lâmina de água (mm/h)	Velocidade do vento (km/h)	CUC (%)	CUD (%)
Tratamento 1	1	3,60	3,6	68,72	53,57
	2	4,14	2,4	72,72	63,94
	3	3,71	7,3	62,55	44,36
	4	4,09	5,7	75,39	61,96
Tratamento 2	1	4,17	3,5	74,01	63,16
	2	5,05	3,8	75,22	64,04
	3	4,67	7,9	68,70	51,24
	4	4,64	4,3	78,78	70,23

Ao analisar os resultados por repetição, observa-se que o terceiro dia de coleta apresentou os menores valores de coeficiente de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para ambos os tratamentos. No tratamento 1, os valores foram de 44,36% e 62,55%, respectivamente, enquanto no tratamento 2 foram de 51,24% e 68,70%. Essa redução na uniformidade coincide com as maiores velocidades de vento registradas durante o período experimental, sendo de 7,3 km/h para o tratamento 1 e 7,9 km/h para o tratamento 2. De acordo com Justi, Vilas Boas e Sampaio (2010), o aumento da velocidade do vento tende a provocar uma diminuição na uniformidade de distribuição da água (CUC e CUD), uma vez que o desvio das gotas durante o processo de aspersão compromete a homogeneidade da aplicação sobre a superfície irrigada.

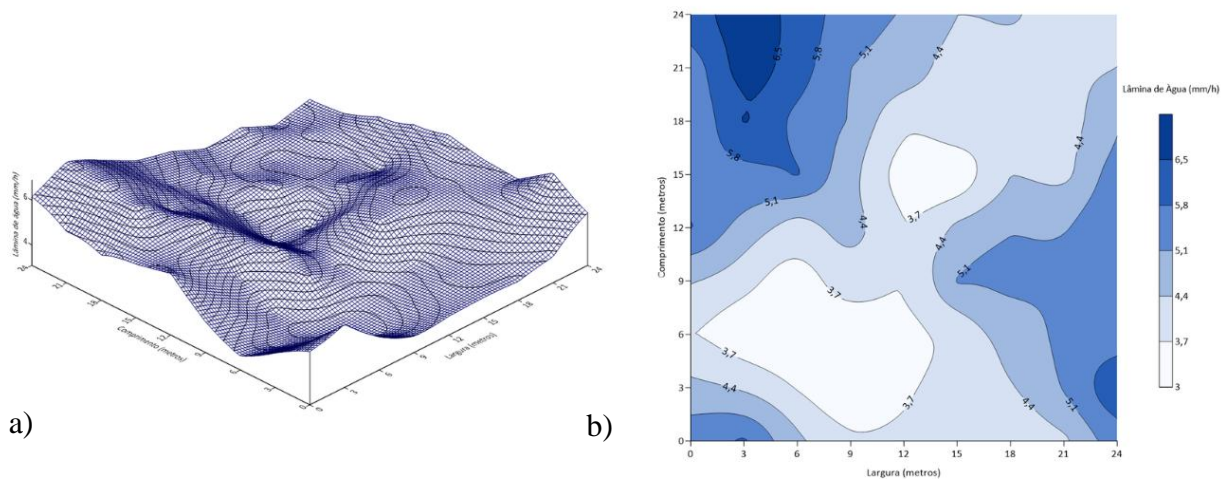
Nesse contexto, os valores de CUC e CUD observados no terceiro dia de coleta configuraram-se como discrepantes em relação às médias obtidas nos demais dias, contribuindo para o aumento do coeficiente de variação (CV). Esse comportamento evidencia que a elevação da velocidade do vento exerce influência direta sobre a distribuição da lâmina de água aplicada, comprometendo a uniformidade do sistema de irrigação. Assim, verifica-se que a ação do vento é um fator determinante na eficiência da aspersão, podendo causar desvios na trajetória das gotas e, conseqüentemente, irregularidades na quantidade de água depositada ao longo da área irrigada.

Estão representadas por gráficos a variabilidade das lâminas de água aplicadas, foram elaboradas visualizações tridimensionais e bidimensionais. A figura 4 corresponde ao tratamento 1, enquanto a figura 5 representam o tratamento 2. Os gráficos foram

gerados com base nas médias da lâmina de água, expressas em mm por hora, calculadas para a área abrangida pelos quatro aspersores analisados, conforme descrito anteriormente.



**Figura 4.** Visualização tridimensional (a) e bidimensional (b) da lâmina de água aplicada na área de tratamento 1.



**Figura 5.** Visualização tridimensional (a) e bidimensional (b) da lâmina de água aplicada na área de tratamento 2.

Observa-se que as maiores lâminas de água foram registradas nas regiões laterais, enquanto o centro apresentou os menores valores. Considerando esse padrão, a direção do vento provavelmente teve grande influência, uma vez que na repetição 3 predominou vento de oeste, enquanto nas demais repetições o vento predominante foi de leste.

Considerando a predominância do vento de leste em ambos os tratamentos, observa-se, na visualização bidimensional da área do tratamento 1, que a maior lâmina de água ocorreu na face leste, atingindo 5,8 mm/h. Já no tratamento 2, a análise

bidimensional indica que os maiores valores de lâmina de água concentraram-se na face norte, atingindo valores superiores a 6,5 mm/h.

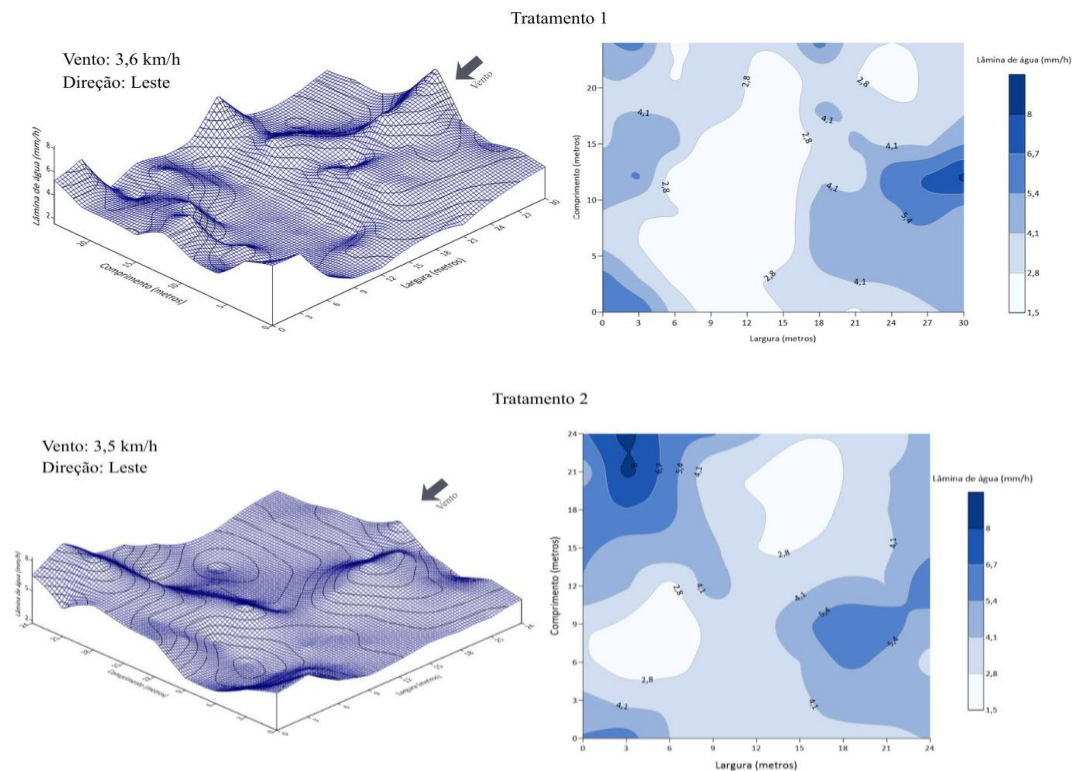
Além disso, na visualização bidimensional observa-se que os menores valores de lâmina de água concentram-se na região central da área em ambos os tratamentos, indicando deficiência de sobreposição nessa zona. O limite inferior da lâmina foi de 2,6 mm h<sup>-1</sup> no tratamento 1 e de 3,7 mm h<sup>-1</sup> no tratamento 2, evidenciando diferença expressiva entre os valores mínimos e a lâmina média aplicada. Essa variação reflete a influência do espaçamento e da ação do vento sobre o padrão de distribuição, resultando em menor uniformidade no tratamento com maior espaçamento. Tais diferenças reforçam que ajustes no arranjo dos aspersores podem reduzir as zonas de déficit e melhorar a eficiência de aplicação.

As oscilações observadas indicam uma redução no coeficiente de uniformidade, provavelmente ocasionada pelo desvio dos jatos dos aspersores em função da ação do vento predominante. Em condições de vento, as gotas de menor diâmetro tendem a ser arrastadas, provocando sobreposição irregular dos padrões de molhamento e, conseqüentemente, menor uniformidade de aplicação (Keller; Bliesner, 2009).

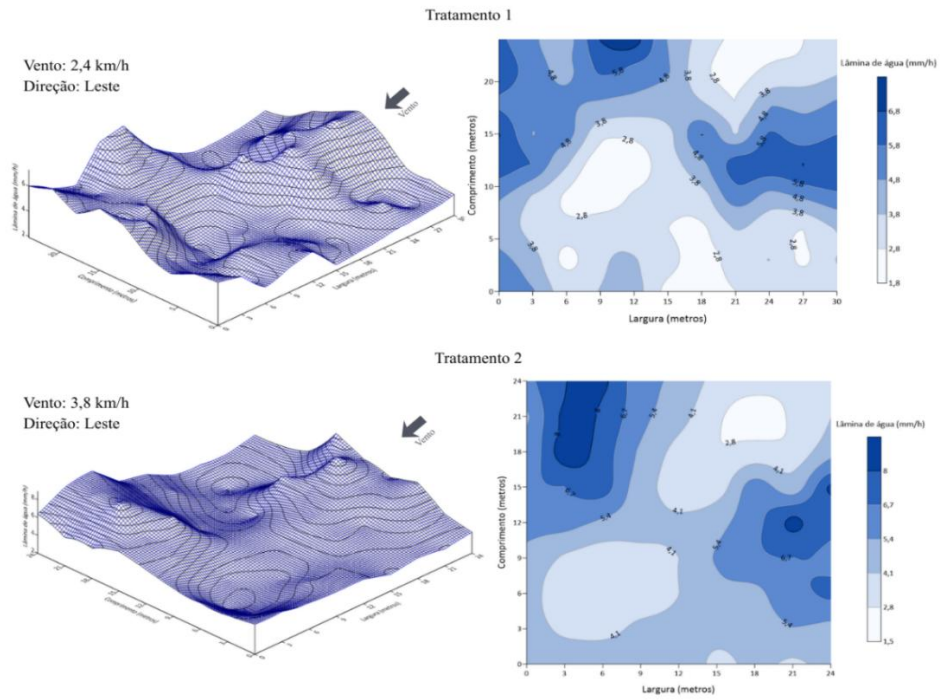
Ao comparar os dois tratamentos, verifica-se que o espaçamento lateral exerceu influência direta sobre a uniformidade sob tais condições. O tratamento 1, com espaçamento maior (30 m), apresentou maior heterogeneidade espacial, evidenciada por picos e depressões acentuadas na superfície tridimensional e por manchas bem definidas no mapa de contorno, características que refletem um menor coeficiente de uniformidade. Em contrapartida, o tratamento 2, com espaçamento reduzido (24 m), apresentou superfície mais suavizada e distribuição mais homogênea da lâmina aplicada, indicando valores superiores de CU e CUD.

Esses resultados corroboram a premissa de que, sob a influência do vento, a redução do espaçamento entre aspersores aumenta a sobreposição dos jatos, o que contribui para minimizar a deriva das gotas e manter a uniformidade de aplicação (Mantovani, 2001). Assim, em condições de campo com ventos intensos, recomenda-se a diminuição do espaçamento lateral entre aspersores para compensar o desvio do jato e preservar a eficiência do sistema de irrigação.

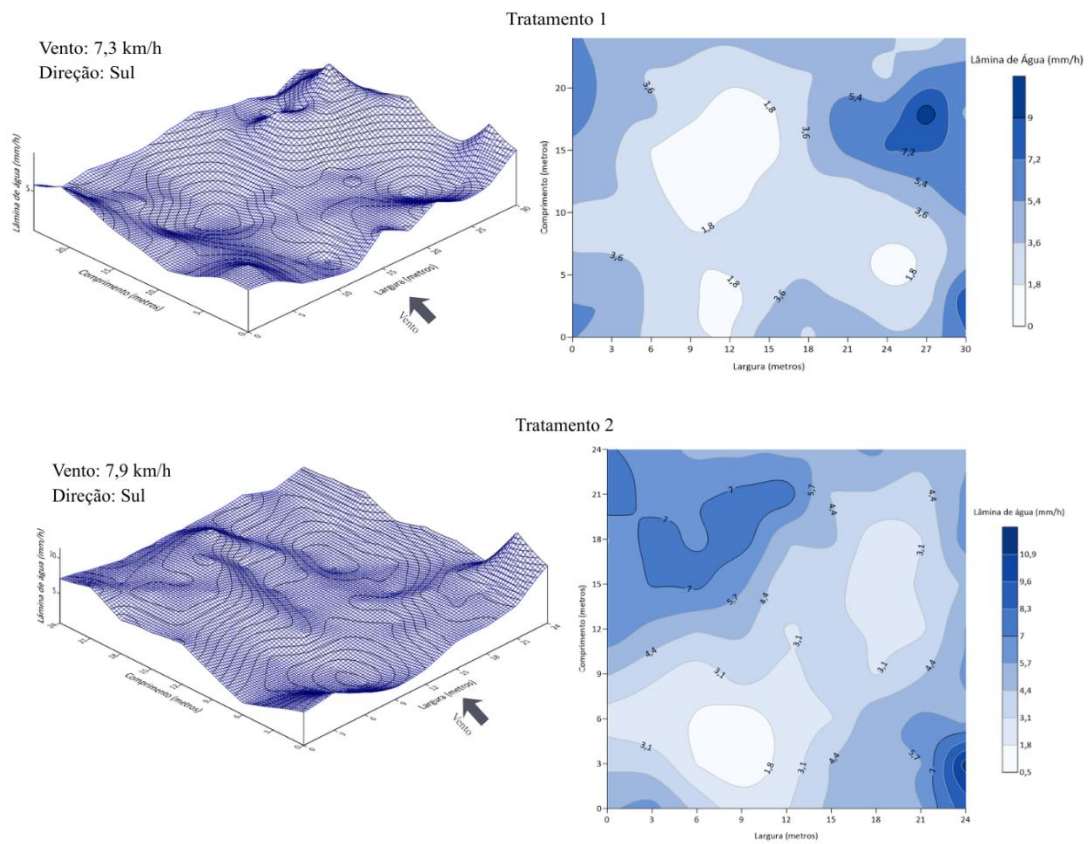
A partir daí foram elaboradas as representações individuais para cada repetição, com o objetivo de analisar a influência direta do vento sobre a distribuição da irrigação. Assim, a Figura 5 refere-se ao primeiro dia de coleta, a Figura 6 ao segundo dia, a Figura 7 ao terceiro dia, e a Figura 8 ao quarto dia de coleta. Nessas figuras, são apresentadas as representações tridimensionais e bidimensionais correspondentes a cada repetição, permitindo visualizar de forma comparativa o comportamento espacial da lâmina aplicada sob diferentes condições de vento.



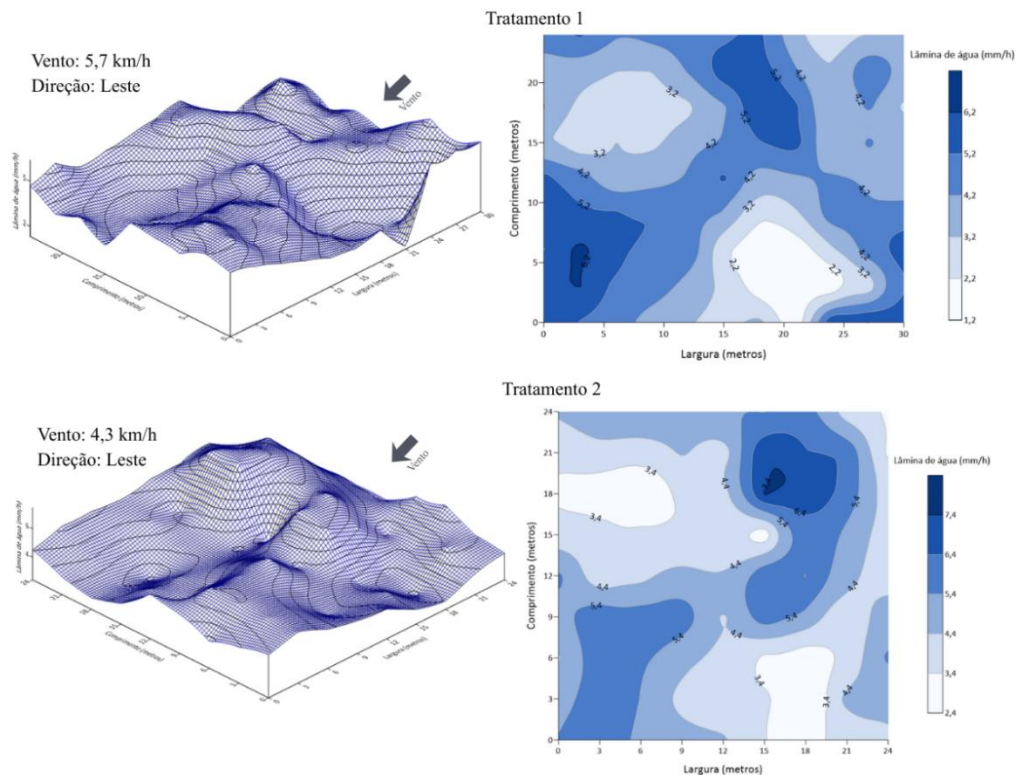
**Figura 6.** Visualização tridimensional e bidimensional da lâmina de água aplicada no primeiro dia de coleta.



**Figura 7.** Visualização tridimensional e bidimensional da lâmina de água aplicada no segundo dia de coleta.



**Figura 8.** Visualização tridimensional e bidimensional da lâmina de água aplicada no terceiro dia de coleta.



**Figura 9.** Visualização tridimensional e bidimensional da lâmina de água aplicada no quarto dia de coleta.

No primeiro dia (Figura 5), as representações tridimensionais indicam desempenhos com limites inferiores mais elevados e áreas praticamente sem falhas de molhamento. A baixa velocidade do vento contribuiu para mínima deriva dos jatos, permitindo um padrão de sobreposição dos aspersores melhor quando comparado a dias de ventos elevados. Assim, observa-se pequena variação entre os pontos de maior e menor aplicação, refletindo condições mais estáveis e eficientes de irrigação.

No segundo dia (Figura 6), é apresentado o melhor desempenho entre todos os ensaios, o que está de acordo com a menor velocidade de vento registrada ( $2,4 \text{ km h}^{-1}$ ). O limite inferior da lâmina aplicada se mantém elevado, indicando distribuição mais homogênea e ausência de áreas secas. Nessa condição, a influência do vento foi praticamente desprezível, permitindo avaliar o comportamento mais próximo do desempenho teórico do sistema.

No terceiro dia (Figura 7), foi o dia com maior velocidade do vento, o que se refletiu claramente nas figuras: o limite inferior foi o mais baixo de todos os ensaios, e observam-se várias regiões sem molhamento, especialmente nas bordas e na direção oposta ao vento predominante. A alta velocidade provocou deslocamento do jato e perdas

por deriva e evaporação, resultando em grande assimetria na lâmina aplicada e acentuada redução da uniformidade. Essa condição confirma a sensibilidade do sistema às variações de vento, evidenciando que mesmo pequenos aumentos na velocidade podem comprometer significativamente a eficiência da irrigação.

No quarto dia (Figura 8), com vento de 5,7 km/h, apresentou condições intermediárias. As figuras mostram redução do limite inferior em relação aos dois primeiros dias, embora menos acentuada que no terceiro. Ainda é possível observar deslocamento do padrão de molhamento e regiões de menor aplicação, mas sem as falhas completas verificadas no dia de vento mais intenso. Esse comportamento reforça a relação direta entre a intensidade do vento e a variabilidade da lâmina aplicada, com tendência de diminuição do limite inferior e aumento das zonas de déficit conforme cresce a velocidade do vento.

De forma geral, ao relacionar os quatro dias de ensaio, observa-se uma relação direta entre a velocidade do vento e o desempenho da distribuição da lâmina de irrigação. Nos dois primeiros dias, quando as velocidades médias do vento foram mais baixas o sistema apresentou limites inferiores mais elevados, evidenciando melhor sobreposição dos jatos e ausência de falhas significativas de molhamento. Por outro lado, nos dias com ventos mais intensos, especialmente o terceiro dia, verificou-se acentuada redução dos limites inferiores, com ocorrência de áreas sem molhamento e deslocamento do padrão de distribuição. Esses resultados demonstram claramente que o vento exerce influência decisiva sobre a eficiência e a uniformidade da irrigação por aspersão, podendo reduzir consideravelmente a lâmina efetivamente aplicada conforme sua intensidade aumenta.

## **Conclusões**

Em relação à lâmina de água aplicada, o menor espaçamento entre os aspersores apresentou melhor desempenho, evidenciando maior uniformidade e eficiência na distribuição.

Quanto aos coeficientes de uniformidade (CUC e CUD) e à eficiência de aplicação, os tratamentos apresentaram comportamentos semelhantes, sem diferença estatística significativa, embora tenham sido enquadrados em diferentes classificações qualitativas.

Entre as variáveis climáticas avaliadas, a velocidade do vento foi o fator que mais influenciou a uniformidade de distribuição da irrigação.

De modo geral, o menor espaçamento adotado mostrou-se mais adequado às condições de campo, proporcionando melhor sobreposição entre aspersores e menor deriva das gotas, o que favorece a uniformidade e a eficiência do sistema de irrigação.

### **Agradecimentos**

Agradeço ao professor Antônio Augusto Alves Pereira, pela orientação, ensinamentos e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho, contribuindo de forma essencial para o aprimoramento do estudo na área de irrigação.

Expresso também minha gratidão à empresa JF Comércio e Transporte de Gramas, pela disponibilidade da área experimental e pelo apoio logístico durante a realização das coletas e ensaios de campo. A colaboração de ambos foi fundamental para a execução e conclusão desta pesquisa.

### **Referências**

**AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil).** *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2021. 127 p. ISBN 978-85-88101-10-0.

**BERNARDO, S.** *Manual de irrigação*. 5. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 596 p.

**BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C.; DA SILVA, D.** *Manual de irrigação*. 9. ed., 2. reimpr. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019.

**COELHO, R. D.; FOLEGATTI, M. V.** Influência do nível de tensão da mola na porcentagem de água desviada e de energia absorvida em um aspersor de impacto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 2, p. 170–174, 1998.

**DA SILVA, C. A.; DA SILVA, C. J.** Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. 2005.

**DE OLIVEIRA PAULINO, M. A. et al.** Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 3, n. 2, 2013.

**DOURADO NETO, D. et al.** *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. Brasília, DF: ANA, 2021.

**FAO.** *Situación de la seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe*. 1996a.

**FAO.** *Producción de alimentos: función decisiva del agua*. 1996b.

**FRIGO, J. P. et al.** Irrigação diurna e noturna em um sistema de aspersão convencional em Palotina, Paraná. *Irriga*, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 318–327, 2013.

**HOFFMANN, T. C. N. B. et al.** Uso do território no Vale do Biguaçu-SC: circuito espacial produtivo de gramas. 2023.

**JUSTI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C.** Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. *Engenharia Agrícola*, v. 30, p. 264–270, 2010.

**KELLER, J.; BLIESNER, R. D.** *Sprinkle and trickle irrigation*. Utah State University: Chapman & Hall Publishers, 1990. 314 p.

**LANNA, A. E.** A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. *Estudos Avançados*, v. 22, p. 113–130, 2008.

**MANTOVANI, E. C.** *AVALIA: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada*. Viçosa, MG: UFV, 2001.

**MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F.** *Irrigação: princípios e métodos*. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 318 p.

**NETO, J. G.** Sistemas de irrigação para gramados. In: **I Simpósio sobre Gramados – Produção, Implantação e Manutenção (I SIGRA)**, Botucatu, 2003.

**POTTER, R. O. et al.** *Solos do Estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46). 721 p.

**SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T.; SANTOS, C. R. dos.** Irrigação. In: ROCHA, E. M. de M.; DRUMOND, M. A. (Ed.). *Fruticultura irrigada: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 71–83.

**SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T.; SANTOS, C. R.** *Irrigação*. 2004.

**STEVENSON, F. J.** *Humus chemistry: genesis, composition and reactions*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 443 p.

**TAIZ, L. et al.** *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 859 p.

**TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M.** Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 3, p. 31–43, jul./set. 2000.