



MARCO TULIO LOPES MARTINS

**USO DE ÁGUA EM UM VIVEIRO DE MUDAS CLONAIS DE
EUCALIPTO**

**LAVRAS – MG
2023**

MARCO TULIO LOPES MARTINS

USO DE ÁGUA EM UM VIVEIRO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo - Orientador

Dr. Rodolfo Soares de Almeida - Coorientador

LAVRAS – MG

2023

WATER USE IN A CLONAL EUCALYPTUS SEEDLINGS NURSERY

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 19/01/2023

Dr. Lucas Amaral de Melo

Dr. Rodolfo Soares de Almeida

Engenheira Florestal Tainara da Silva Santos

LAVRAS – MG

2023

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer, primeiramente, a Deus por ter me dado condições para concluir esta etapa tão importante na minha vida.

Para meus pais, Luciano e Márcia, queria agradecer pelas inúmeras vezes que abdicaram de tarefas e obrigações para me ajudar a vencer desafios, que realizaram todos os meus desejos e buscaram sempre o melhor de mim.

Aos meus familiares próximos, que sempre vibraram por cada conquista minha e apoiam cada passo meu.

Para os amigos que fiz ao longo da graduação e na vida, em especial ao Enzo e Bruno, que estiveram comigo em diversos momentos de conquistas, felicidades e também de tristezas.

Aos membros do grupo “Na Fronteira” e a amigos, meus sinceros agradecimentos pelos conselhos, parcerias, xingos e risadas, sem vocês com certeza seria mais difícil.

À Universidade Federal de Lavras, UFLA, que proporcionou e fez com que meu sonho de ter uma graduação acontecesse e que buscou sempre o melhor para seus alunos.

Para o Núcleo de Estudos em Manejo Florestal, NEMAF, meus agradecimentos pelo conhecimento adquirido e confiança depositada para ser presidente de uma entidade tão importante dentro da universidade.

Ao meu orientador Lucas Amaral e meu coorientador Rodolfo Almeida, meus agradecimentos pelos ensinamentos repassados e pela paciência ao realizar todas as obrigações.

À empresa Eucatex, por abrir as portas para a realização de um magnífico estágio, regado de conhecimento, vivências únicas e compartilhamento de contatos únicos.

Aos meus companheiros de trabalho, Tainara, Júlio, Alexandre, Rafael, Vilmar, Eduardo, Olavo, Danilo, Jonas e Marcos, que fizeram de tudo para uma melhor vivência no estágio e que proporcionaram uma melhor formação profissional.

RESUMO

Com o aumento da relevância do setor florestal para o país, a produtividade e a demanda por mudas de alta qualidade são imprescindíveis. Contudo, para essa finalidade, outros produtos e insumos sofrem uma pressão e elevado aumento de consumo, como os recursos hídricos. Assim, buscando diminuir o consumo hídrico e otimizar a utilização da água durante as irrigações, foi realizado um levantamento de vazão, pressão e volume total coletado em sete pátios operacionais no viveiro de produção de mudas da empresa Eucatex. Para execução da pesquisa foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado para coleta de pontos de vazão nos bicos aspersores ao longo das linhas de irrigação nos pátios, verificando 5% do número total de bicos ligados durante um turno de irrigação. Além desse levantamento, também foi utilizado um manômetro para aferição da pressão ao longo do pátio e bandejas com disposição aleatória para estimativa do volume total irrigado. Com o levantamento foi possível identificar falhas de planejamento e execução durante as atividades de irrigação e um uso inadequado na gestão e consumo dos recursos hídricos, além da diferença significativa de pelo menos um pátio em relação aos demais em todos os critérios estudados e a necessidade de alterações no manejo para adequação ao menor consumo hídrico.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Irrigação. Viveiro de produção. Água. Mudas.

ABSTRACT

With the increasing relevance of the forestry sector for the country, productivity and demand for high quality seedlings are essential for this advance. However, for this purpose, other products and inputs suffer pressure and high consumption, such as water resources. Thus, seeking to reduce water consumption and optimize the use of water during irrigation, a survey of flow, pressure and total volume collected in 7 operational yards in the seedling production nursery of the Eucatex company was carried out. To carry out the research, a completely randomized design was used to collect flow points in the sprinkler nozzles along the irrigation lines in the patios, verifying 5% of the total number of nozzles connected during a watering. In addition to this survey, a manometer was also used to measure the pressure along the patio and randomly arranged trays to collect the total irrigated volume. With the survey, it was possible to identify planning and execution failures during irrigation activities and an inadequate use in the management and consumption of water resources, in addition to the significant difference of at least 1 patio in relation to the others in all the criteria studied and the need to changes in management to adapt to low water consumption.

Keywords: Water resources. Irrigation. Production nursery. Water. Seedlings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Disposição dos pátios e bombas ao longo do viveiro.....	13
Figura 2 - Metodologia de coleta em campo. A) Saco plástico em posição de coleta; B) Saco plástico vedado e com água; C) Coleta por meio da proveta; D) Proveta utilizada	14
Figura 3 - Esquema de dispersão dos aspersores e classificação das posições	15
Figura 4 - Metodologia de coleta em campo. A) Saco plástico em posição de coleta; B) Saco plástico vedado e com água; C) Coleta por meio da proveta; D) Proveta utilizada	16
Figura 5 - A) Equipamento utilizado na coleta de dados; B) Forma de coleta em campo; C) Distribuição das amostras em campo.	17
Figura 6 - A) Coleta de volume na bandeja na borda; B) Coleta de volume na bandeja embaixo do canteiro alternado.	18
Figura 7 - Volume médio de vazão ($L h^{-1}$) para cada tipo de bico.	20
Figura 8 - Distribuição da vazão ao longo do pátio.....	20
Figura 9 - Distribuição da pressão ao longo das amostras.....	21
Figura 10 - Mapa de Krigagem dos pátios.....	22
Figura 11 - Relação entre vazão e pressão para os patios analisados.	22
Figura 12 - Relação vazão por metro quadrado de pátio.	23
Figura 13 - Relação vazão ($L h^{-1}$) pelo número de bicos.....	24
Figura 14 -) Distribuição de dados ao longo da curva normal; B) Outliers presentes em cada pátio.	24
Figura 15 - A) Distribuição de dados ao longo da curva normal; B) Outliers presentes em cada pátio.	25
Figura 16 - Relação entre volume x lâmina de água entre as posições avaliadas.	26
Figura 17 - Comparação da distribuição de água durante a irrigação entre canteiros vazios e corredores.	27
Figura 18 - Distribuição da lâmina de água ao longo do viveiro.....	27
Figura 19 - A) Distribuição de dados ao longo da curva normal; B) Outliers presentes em cada pátio.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos pátios de estudo	15
Tabela 2 - Resultados da análise de variância do parâmetro volume coletado por pátio	28
Tabela 3 - Médias de volume ($L h^{-1}$) de vazão em cada pátio.....	29
Tabela 4 - Uso efetivo da água durante a irrigação.	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.2	Histórico da propagação clonal	11
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.2	Coleta de dados	15
3.2.1	Coleta de vazão	15
3.2.2	Coleta de pressão.....	16
3.2.3	Coleta de volume perdido.....	17
3.3	Análise de dados.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.2	Pressão.....	21
4.3	Pressão x vazão	22
4.4	Relação entre vazão e pressão	24
4.5	Vazão x volume coletado	25
4.6	Posições de coleta d'água.....	26
4.7	Análise estatística de volume coletado.....	27
4.8	Uso efetivo da água	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6	CONCLUSÃO	30

1 INTRODUÇÃO

Com o clima e temperatura favoráveis ao desenvolvimento do gênero *Eucalyptus* spp. no Brasil, existe uma grande demanda por sua madeira com um total de 7,5 milhões de hectares de área plantada no país (IBÁ, 2021) e uma das bases do PIB brasileiro com 10,6 bilhões de dólares na balança comercial em 2021 (IBÁ, 2022). Por isso, a importância da produção de mudas com qualidade e em grande escala vem sendo fortemente debatida.

De modo geral, o setor florestal vem crescendo em todos os seus setores com novas tecnologias e pesquisas (IBÁ, 2021). Entretanto, no setor de viveiros operacionais, a maior dificuldade encontrada é em relação a otimização e uso racional da água, condicionada principalmente a fatores inerentes ao dia, ou seja, às condições climáticas daquele momento (SILVA et al., 2015).

A assertividade da lâmina ideal irrigada é o maior desafio dessa produção, principalmente em regiões com as estações do ano bem definidas e com secas prolongadas durante a primavera e inverno (ROLIM et al., 2007). Para Lopes et al. (2007), lâminas diárias entre 12 e 14 mm foram as mais significativas para o desenvolvimento das mudas após 108 dias da semeadura de *Eucalyptus*.

Normalmente, as irrigações são realizadas com uma frequência e intensidade bem acima necessário para as plantas, podendo causar entre outros problemas, a lixiviação dos nutrientes presentes no substrato, ocasionando danos ao desenvolvimento da planta (REGO et al., 2005). Seguindo na problemática de uma irrigação acima do ideal, esta pode ocasionar o surgimento de um microclima ideal ao desenvolvimento de doenças (LOPES et al., 2005), partindo para a infestação devido à alta umidade, levando ao geotropismo negativo das raízes, encarquilhamento e clorose das folhas (ALFENAS et al., 2009).

Quando realizada a irrigação abaixo do ideal, os danos são mais significativos que em uma irrigação em excesso, causando o fechamento de estômatos e, conseqüentemente, a redução da atividade fotossintética, do crescimento e até a morte da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O desperdício elétrico e de recursos hídricos através da má gestão de irrigação também devem ser levados em consideração, uma vez que o gasto para produção de mudas está totalmente atrelado à fase em que ela se encontra no viveiro e às condições climáticas diárias do local, podendo atingir gastos de até 400 mil litros por dia.

Tendo em vista a importância da otimização e homogeneidade das irrigações no uso racional da água como insumo, este estudo foi realizado nos pátios operacionais de um viveiro localizado na região de Bofete - SP, com o objetivo de estudar e avaliar as condições de

irrigação, buscando o aperfeiçoamento no manejo de irrigação, reduzindo assim, desperdícios buscando uniformidade de vazão, pressão e distribuição de irrigação ao longo do uso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Importância da irrigação em viveiros florestais

O entendimento sobre os conceitos básicos de um tema são partes importantes para sua compreensão e análises, por isso, caracterizar e definir o termo “eficiência” se torna essencial. Segundo Lovell (1993), a eficiência produtiva segue dois componentes: o físico e o preço, sendo o primeiro referente à capacidade de otimização no uso de recursos, capacidade de redução e de aumentar produtos, enquanto o segundo, refere-se à combinação entre insumos utilizados e o produto final, gerando um preço acessível a quem necessita do produto, no caso, as mudas clonais.

Os viveiros de produção de *Eucalyptus* spp. são espaços destinados a fornecer água e nutrientes a fim de suprir o desenvolvimento das mudas até adquirir a qualidade mínima para expedição, normalmente por um período de 90 a 120 dias. Nesses espaços, atividades de adubação, fertilização, irrigação e arranjo espacial das bandejas são fundamentais para a boa qualidade das mudas.

Dentre todas as atividades existentes até a expedição da muda, Ferrari (2003) destaca a irrigação como a mais importante, podendo ser ligada diretamente à formação e à qualidade das mudas, alterando o desenvolvimento das plantas a partir de seu excesso ou falta. Uma boa qualidade de irrigação e aplicação uniforme em todos os setores da produção são essenciais para atingir a quantidade de água ideal que as mudas necessitam em cada fase do processo produtivo.

A irrigação por aspersão é a mais comumente utilizada em viveiros. Esse modelo visa distribuir de maneira artificial ao longo do solo uma chuva de baixa intensidade (CHRISTIANSEN, 1942), sua uniformidade irá depender das características do aspersor, rotação, velocidade do vento, altura, diâmetro do bocal e espaçamento entre os aspersores.

Embora de elevada relevância, os estudos sobre a irrigação em viveiros possuem pouca expressão na literatura, haja vista que em sua maioria os experimentos em viveiros são mais voltados para a adubação, escolha de recipientes e formulação de substratos. Além desses fatores, o estágio fenológico da planta e sua capacidade de retenção de água são determinantes para que seja possível estimar ou mensurar o excesso de água em um pátio após a irrigação. Outro fator importante na irrigação é a disposição das bandejas, dos tubetes e capacidade de

absorção do substrato, que influenciam diretamente na quantidade de água coletada após uma irrigação.

Diante disso, a eficiência e o uso da água durante as irrigações diárias interferem diretamente na qualidade da muda e, principalmente, no balanceamento dos recursos, otimização dos gastos e um preço acessível a todos os mercados diretamente ligados ao produto.

2.2 Histórico da propagação clonal

Introduzida no Brasil na década de 70, a propagação clonal do eucalipto sofreu avanços significativos até os dias atuais, sendo o método da clonagem por miniestaquia o padrão utilizado em viveiros de produção com mudas da maioria de espécies desse gênero (XAVIER et al., 2009). Tal metodologia foi difundida na década de 1990, com diferentes testes de propagação vegetativa em diferentes espécies de eucalipto, gerando dados suficientes para a seleção de linhagens que se adaptaram melhor ao método (FERRARI et al., 2004).

Os dois principais métodos da propagação de clones de eucalipto são através da estaquia e da miniestaquia, sendo a estaquia extremamente sensível a alterações externas, como temperatura, substrato e umidade da casa de vegetação (SOUZA JUNIOR et al., 2002). Neste sentido, Higa e Borssato (1983) concluíram que o enraizamento de indivíduos de uma mesma espécie ou quando comparados com espécies diferentes também ocorrem alterações, atrelados com mudanças externas e que não têm relação apenas com o fator genético.

Com a propagação vegetativa, as etapas dentro de um viveiro de mudas clonais ficam divididas de forma a otimizar e facilitar o controle das operações. Para Moura e Guimarães (2003) que descrevem o processo completo da clonagem, após a coleta da brota em campo, eles são levados ao viveiro para as estufas durante o processo de enraizamento e produção de mudas, que possui uma irrigação reduzida e no sistema de nebulização, haja vista, que o material possui uma idade ontogenética avançada. O processo de estaquia é capaz de promover através da juvenilidade do material genético, um maior aproveitamento percentual no enraizamento das mudas, atingindo de 70% até 90%, segundo Souza Junior e Wendling (2005). Decorrida a instalação do minijardim clonal, as novas brotações produzem miniestacas, essas possuindo normalmente duas folhas que diminuem a transpiração e quando não são reduzidas podem acelerar o tempo de enraizamento de clones, melhorar a eficiência no preparo de estacas e com um menor tempo de confecção (ALMEIDA et al., 2020), entretanto, podem causar problemas durante a irrigação, cobrindo as mudas ao lado e prejudicando a dispersão de água, chamado efeito “guarda-chuva”.

Utilizando tubetes cônicos de plástico com substrato para o desenvolvimento da raiz, as miniestacas são colocadas na casa de vegetação, próximos ao chão, com irrigação de alta frequência, baixa intensidade e no modelo de nebulização, mantendo a alta umidade nas folhas e permitindo o maior desenvolvimento das raízes. Nesta etapa, é importante a verificação do surgimento de doenças fúngicas, uma vez que o cenário é propício para o seu desenvolvimento e danos às plantas jovens.

Após cerca de 35 a 45 dias na casa de vegetação, as mudas são levadas para o pátio a pleno sol, no qual ocorre a alternagem, processo de redução do número de mudas por bandeja. Além disso, as miniestacas mortas são descartadas e há uma seleção de acordo com o porte da muda (MOURA; GUIMARÃES, 2003). Ademais, a irrigação sofre uma alteração, passando a ser feita por bicos aspersores e com modelo de gotas, com intensidade e tempo controlados de acordo com as condições climáticas locais.

Para Wendling et al. (2021), a automação dos viveiros, melhorias no sistema de produção, controle ambiental, de gastos, de recipientes e utilização dos recursos, serão necessários para suprir a demanda por mudas de eucalipto nos próximos anos, buscando sempre a conciliação entre as novas tecnologias e o modelo tradicional de produção. Nessa linha, a melhoria do sistema de irrigação torna-se imprescindível para a obtenção do sucesso desejado e por isso este trabalho foi realizado.

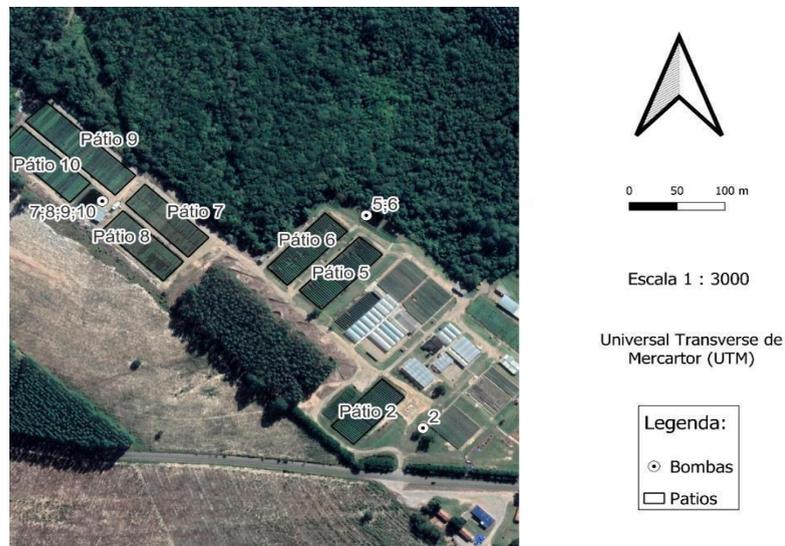
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O experimento ocorreu nos pátios operacionais do viveiro de mudas da empresa Eucatex SA, em Bofete-SP (23°3'58.70"S, 48° 11' 0.94"O). O clima da região é Cwa, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluvial média de 1490,6 milímetros anuais distribuídos em verões quentes e chuvosos, concentrando nos meses de outubro a março, com altitude de 570 metros e temperatura média anual de 21,5°C (SANTOS; MANZIONE, 2021).

O viveiro possui dez pátios de produção e a de pressão entre as motobombas de irrigação. As motobombas possuem potência de 3 CV, 8 CV ou 10 CV, e estão localizadas de acordo com a demanda do pátio. O pátio 2 possui uma bomba de 3 CV, os pátios 5 e 6 possuem motobomba de 8 CV, enquanto os demais pátios uma motobomba de 10 CV (Figura 1). A irrigação ocorre três vezes ao dia, com uma média de duração de 12 minutos, podendo haver variações de acordo com as condições diárias de temperatura, precipitação, umidade e idade das mudas.

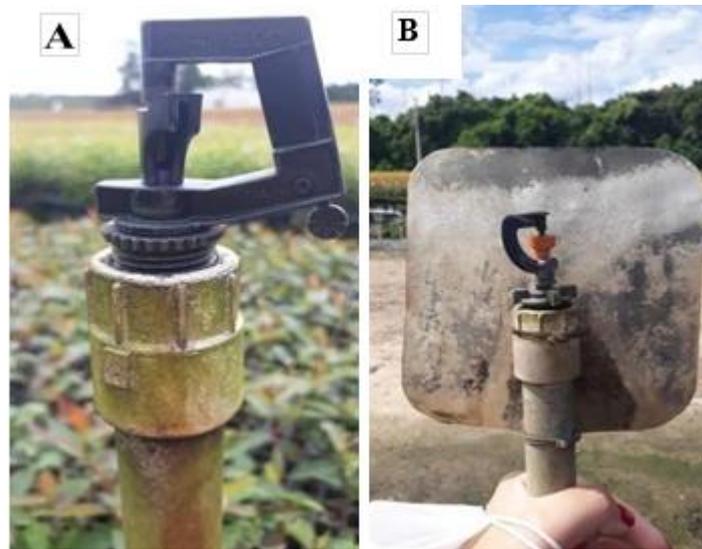
Figura 1. Disposição dos pátios e bombas ao longo do viveiro



Fonte: Do autor (2023).

O sistema de irrigação da fase de crescimento e rustificação das mudas (plenoSol) é por aspersor de gota com dois tipos diferentes de bicos. Há o modelo Rotor Raincom bocal púrpura presente internamente nos pátios e apresenta a vazão de 330 L h^{-1} na pressão de 1,5 Bar e 380 L h^{-1} com a pressão de 2,0 Bar, e o modelo de micro aspersormodular laranja, conhecido como bailarina, presente na borda dos pátios com vazão de 225 L h^{-1} em uma pressão de 1,5 Bar e 260 L h^{-1} na pressão de 2,0 Bar. Ambos os bicos estão representados na Figura 2.

Figura 2. Formatos dos bicos de aspersão. A) Modelo de bico Rotor Rain; B) Modelo de Micro Aspersor Modular Laranja.

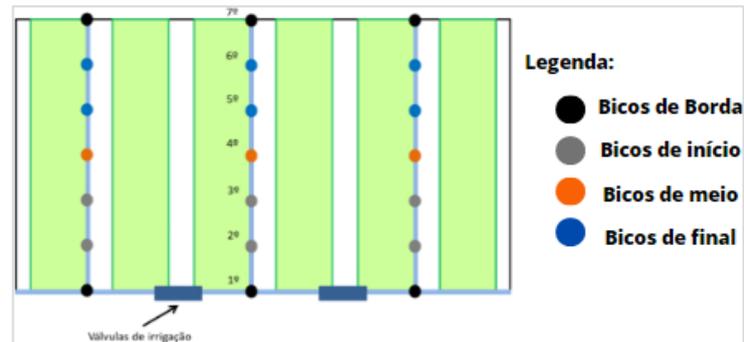


Fonte: Do autor (2023).

Por apresentarem modelos diferentes, a vazão dos bicos também é diferente, por isso, os modelos de borda (1° e 7° bico) apresentam vazão de 225,0 litros por hora, enquanto, os modelos internos (2° ao 6° bico) possuem vazão de 330,0 litros por hora, isto em dadas condições de altura dos bicos e pressão do sistema hidráulico. Portanto, para este trabalho será considerada a pressão de 1,5 Bar, não sendo considerada a altura dos aspersores. Os bicos classificados de 1° a 7°, foram contados a partir das válvulas de irrigação (Figura 3), sendo considerados posições de coletas, portanto, cada bico ganhou uma posição.

A distância entre os aspersores em uma mesma linha de irrigação é condicionada pelo comprimento total do pátio, bem como a distância entre as linhas, que se altera de acordo com a largura de corredor e de canteiro em cada pátio. Para fins de estudo, a Figura 3 apresenta o esquema geral para todos os pátios.

Figura 3. Esquema de dispersão dos aspersores e classificação das posições



Fonte: Do autor (2023).

3.2 Coleta de dados

O período de coleta para análise aconteceu entre os meses de março e julho de 2022, sendo analisados sete pátios ao todo, denominados no local como: pátio 2, 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Os pátios possuem características físicas e funcionais distintas apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Dados dos pátios de estudo

Pátio	Área real (m ²)	Nº de bicos	Área de canteiros(m ²)	Área de corredores (m ²)	Percentual de área de canteiros (%)	Percentual de área de corredor (%)	Área de pátio/bico (m ²)
2	2429,24	84	1438,5	990,6	59,2%	40,8%	28,92
5	2460,36	147	1490,7	969,6	60,6%	39,4%	16,74
6	2645,19	147	1527,1	1118,0	57,7%	42,3%	17,99
7	2577,02	147	1454,4	1122,6	56,4%	43,6%	17,53
8	2585,52	177	1459,2	1126,3	56,4%	43,6%	14,61
9	3536,01	252	2581,5	954,4	73,0%	27,0%	14,03
10	2703,83	189	1976,4	727,4	73,1%	26,9%	14,31

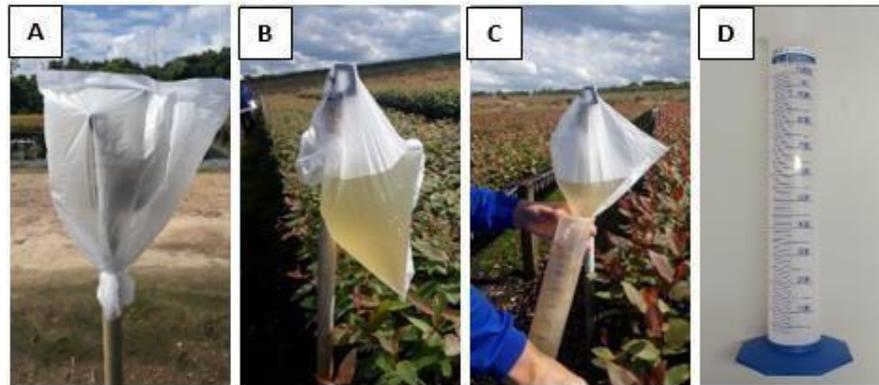
Fonte: Do autor (2023).

3.2.1 Coleta de vazão

Para a coleta do volume total de água durante uma irrigação, foram utilizados sacos plásticos, que foram presos à base do bico aspersor. Ao encher o saco plástico, após o acionamento do sistema de bombeamento, a coleta foi feita usando uma tesoura para furar o material e uma proveta graduada de 1000 ml, sendo despejado o volume coletado e assim

realizada a medição. Na Figura 4 é mostrada como foi realizada a coleta de água e os materiais utilizados.

Figura 4. Metodologia de coleta em campo. A) Saco plástico em posição de coleta; B) Saco plástico vedado e com água; C) Coleta por meio da proveta; D) Proveta utilizada.

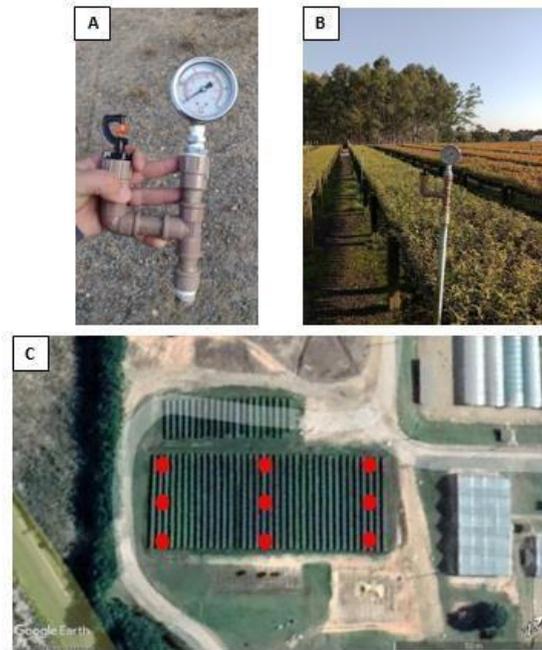


Fonte: Do autor (2023).

3.2.2 Coleta de pressão

Para complementar o trabalho, foi realizada a coleta de pressão em nove posições de bicos internas ao pátio (posições 2° ao 6°), sendo três próximas à bomba, três em média distância e três distantes, a fim de verificar se existe variação de pressão chegando nos bicos de modelo Rotor Rain, a qual é determinante na variação da vazão coletada por bico. Para essa coleta, foi utilizado um manômetro, graduado em Bar, conectado a um cano PVC e acoplado ao sistema de irrigação em funcionamento. A Figura 5 tem como objetivo mostrar o processo de coleta.

Figura 5. A) Equipamento utilizado na coleta de dados; B) Forma de coleta em campo; C) Distribuição das amostras em campo.



Fonte: Do autor (2023).

3.2.3 Coleta de volume perdido

A quantidade de água perdida durante a irrigação foi estimada a partir da quantificação do volume perdido para o chão em recipientes de coleta, que possibilita a estimativa de volume perdido por área de pátio irrigada em cada irrigação. Sendo assim, as coletas foram realizadas com uso de bandeja plástica, com área média de $0,18 \text{ m}^2$ e, posteriormente, estimados para a área total, pela relação entre a área da bandeja e a área do pátio. As posições em que foram colocadas no chão foram: corredores, encontro de leques de água nos corredores (sobreposição de bicos), canteiros com bandejas alternadas, canteiros vazios e borda. Para a quantificação de volume coletado, foi utilizada uma proveta plástica graduada em 1000 ml (Figura 6).

Figura 6. A) Coleta de volume na bandeja na borda; B) Coleta de volume na bandeja embaixo do canteiro alternado



Fonte: Do autor (2023).

3.3 Análise de dados

A intensidade amostral e delineamento estatístico em todas as coletas foi inteiramente casualizado dentro de cada pátio, com repetições que atingiram pelo menos 5% do número total de bicos em cada pátio, totalizando 194 dados para os dados de vazão. Na pressão, foram testadas nove repetições em cada pátio, totalizando 63 observações. No caso das bandejas plásticas, foram coletadas 11 repetições em cada pátio de acordo com as posições disponíveis, haja vista que nem todos os pátios possuem espaços vazios ou bandejas alternadas.

Assim, após a coleta de todos os dados, estes foram checados e submetidos a uma análise dos dados com o uso do *software* R Studio versão 2022/7. Primeiramente, para a validação da distribuição dos dados, foi realizado o teste de teste de Shapiro-Wilk, buscando a verificação da normalidade da distribuição dos dados, ou seja, verificar se através dos dados é possível de estimar um determinado evento.

Quando observada a não normalidade dos dados, não é possível realizar a análise de variância para testar a significância das amostras coletadas, e assim, optou-se pelo uso do teste de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos. Caso contrário, realizou-se teste anova, com uma comparação de médias significativas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Retornando ao pacote Office, gráficos foram gerados visando avaliar a distribuição de vazão, comparando os pátios e internamente a cada um.

Para os dados de pressão coletados, foi realizada uma Krigagem rigorosa dos dados no

software QGis 3.22, buscando visualizar sua variação dentro dos pátios, sendo este um método de aproximação de dados e interpolação. O processo resultou em um mapa de cores que apresenta as regiões com valores mais próximos aos valores de referência dos pontos coletados. A correlação espacial demonstra a variação ao longo de um dado espaço territorial, no caso, o viveiro e também internamente aos pátios.

Ainda sobre bandejas plásticas, foi realizado o cálculo da lâmina d'água perdida na irrigação, uma quantificação do volume irrigado que não atinge as plantas de uma determinada área. Neste caso, o valor encontrado para a área da bandeja foi, posteriormente, transformado para a área total do pátio juntamente com os testes estatísticos utilizados anteriormente. Dentre as possíveis fórmulas para ser calculada, a lâmina utilizada neste trabalho foi como apresentada na equação 1.:

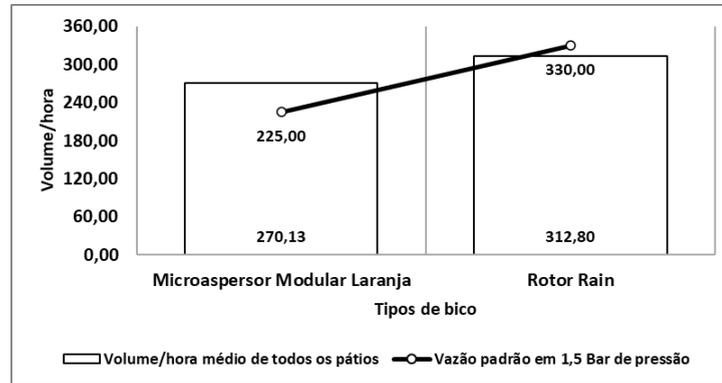
$$\text{Lâmina d'água (mm)} = \frac{\text{Volume coletado (L)}}{\text{Área da masseira (m}^2\text{)}}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Vazão

Tendo em vista os valores de referência de vazão por bico por hora já citados para cada modelo de bico aspersor, uma média geral do viveiro foi gerada, analisando separadamente cada tipo de bico. Nesse ponto, é possível perceber que a maior perda ocorre nos bicos de borda – bailarina –, com 20,4% a mais de vazão coletada em relação ao ideal, atingindo 270,1 L h⁻¹, tendo como padrão 225,0 L h⁻¹. Entretanto, nos bicos internos, apresenta uma vazão 5,39% menor que o esperado, com 312,8 L h⁻¹ ficando abaixo do padrão de 330,0 L h⁻¹. A Figura 7 apresenta as vazões e as variações encontradas.

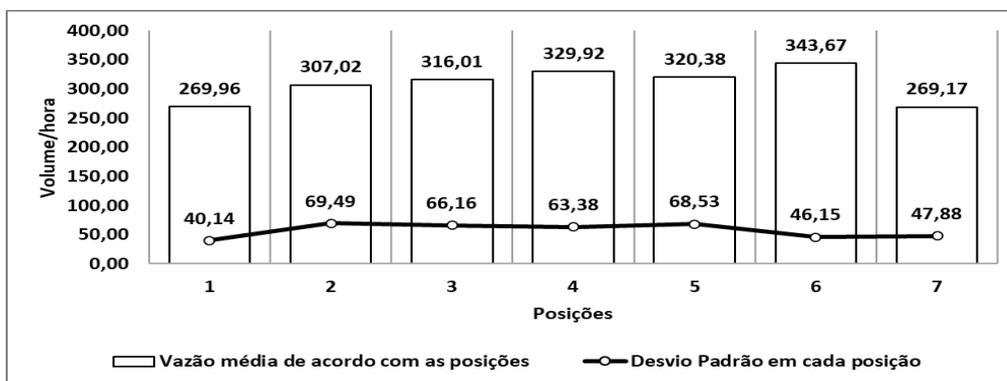
Figura 7. Volume médio de vazão ($L h^{-1}$) para cada tipo de bico.



Fonte: Do autor (2023).

Buscando verificar a distribuição de vazão ao longo da linha de irrigação com suas posições demarcadas, é possível perceber, na Figura 8, que existe a tendência de existir menores vazões nos bicos de borda, números 1 e 7, devido ao tipo de bico, modelo “bailarina”. Porém mesmo sendo menor, a vazão está acima do padrão de $225 L h^{-1}$, mostrando o desperdício citado acima. Entretanto, nas posições internas, com bicos do modelo Rotor Rain e numeração de 2 a 6, existem variações consideráveis em cada posição, sendo de 2 a 5 próximos pelo desvio padrão dos dados e o pátio 6 apresentando um desvio padrão próximo aos modelos de bico de borda, ainda assim apresentam uma desuniformidade média em todos os pátios, variando menos que o ideal de $330 L h^{-1}$. O anexo I, apresenta uma figura de média geral de todos os pátios com a distribuição ao longo da linha de irrigação, buscando observar a distribuição.

Figura 8. Distribuição da vazão ao longo do pátio.

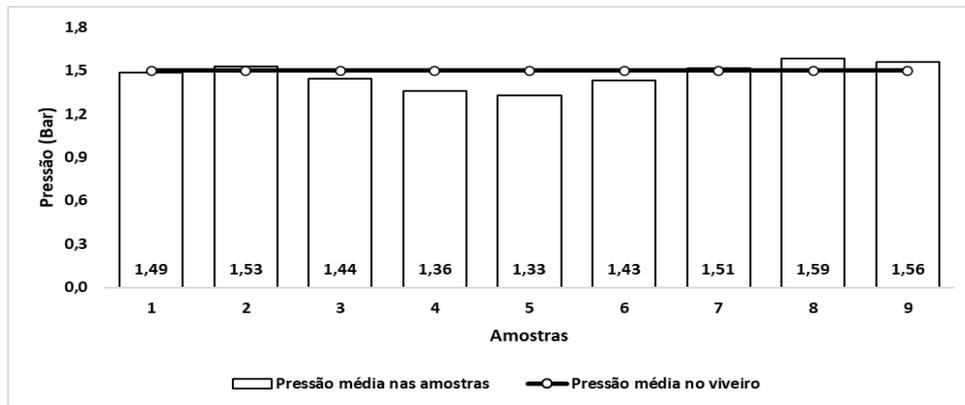


Fonte: Do autor (2023).

4.2 Pressão

Entre pátios, a pressão não apresenta variação significativa entre as amostras coletadas, ou seja, na parte interna da rede de irrigação, e uma amplitude de aproximadamente 0,2 Bar entre as amostras. A Figura 9 demonstra a distribuição de pressão ao longo das nove amostras coletadas nos pátios, distribuídas de forma que: entre as amostras de um a três fossem localizadas próximas à bomba de distribuição; as amostras de quatro a seis, à média distância e; as amostras de sete a nove, localizadas com um maior distanciamento da bomba. Além disso, a Figura 9 apresenta a média geral de pressão do viveiro, de 1,5 Bar. No anexo II consta a distribuição de pressão ao longo das amostras em cada pátio.

Figura 9. Distribuição da pressão ao longo das amostras.

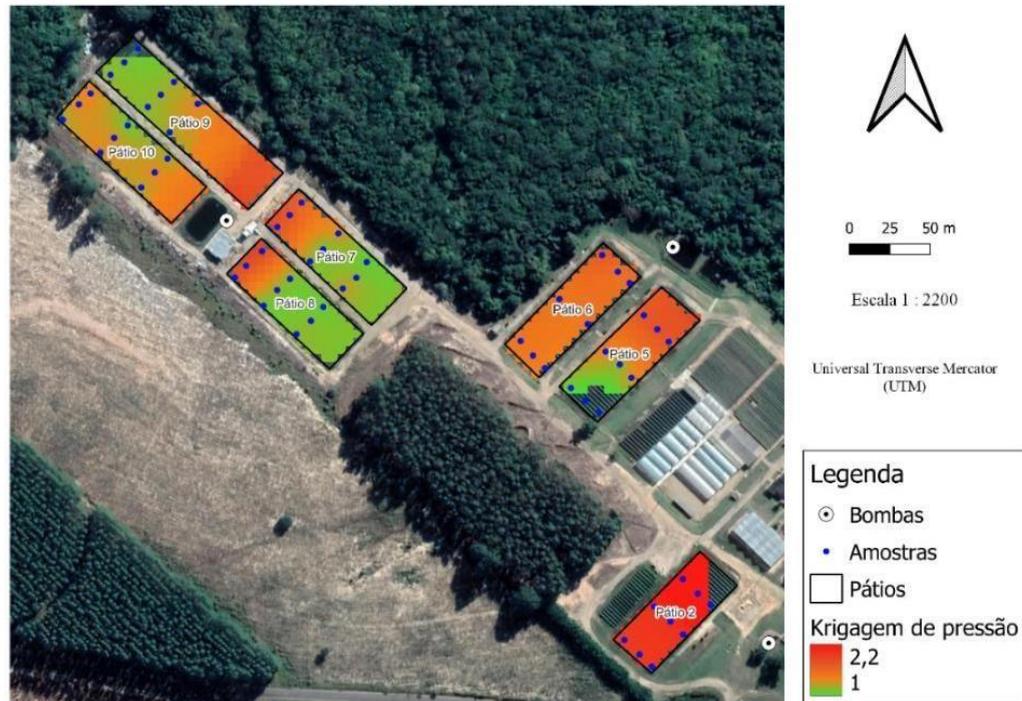


Fonte: Do autor (2023).

No que tange à distribuição espacial da pressão dentro de cada pátio, o mapa de Krigagem reforça novamente uma maior pressão encontrada no pátio 2 e nas partes dos canteiros mais próximos à bomba de distribuição, criando um gradiente positivo do final para o início do pátio, considerando a motobomba como referencial inicial.

Entretanto, nota-se alguns pontos em que não houveram preenchimento da Krigagem, devido a falhas no processo de criação de buffers de acordo com georreferenciamento dos pontos coletados. A Figura 10 mostra como ficou a distribuição espacial do viveiro após o processo.

Figura 10. Mapa de Krigagem dos pátios

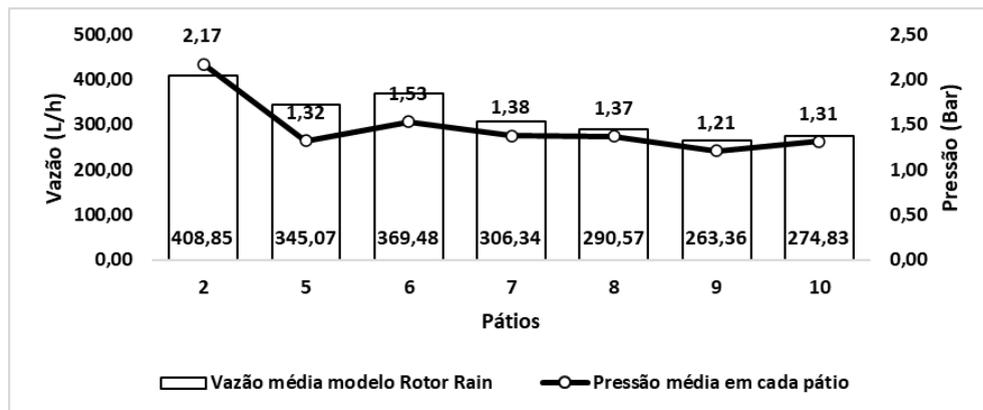


Fonte: Do autor (2023).

4.3 Pressão x vazão

Relacionando a pressão com a vazão dos bicos modelo Rotor Rain de cada pátio, é possível observar que a correlação é proporcional, ou seja, quanto maior a pressão, maior a vazão. O inverso também é válido, quanto menor a pressão, menor a vazão. Portanto, a desuniformidade da pressão é o principal fator da variação de vazão. A Figura 11 mostra a relação entre a vazão e a pressão de cada pátio.

Figura 11. Relação entre vazão e pressão para os pátios analisados.

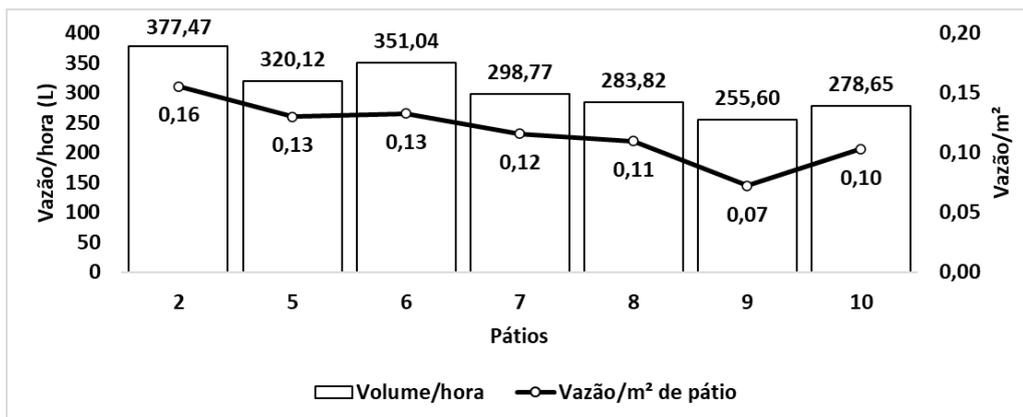


Fonte: Do autor (2023).

Parte deste diferencial de volume e pressão está interligado com as diferentes motobombas que realizam o bombeamento da água pelo pátio e número de bicos que apresentam uma relação diretamente proporcional, ou seja, motobombas mais potentes em pátios com maior número de bicos ou motobombas de menores potências em pátios com menor número de bicos tendem a se aproximar da pressão média do viveiro. Entretanto, em casos como o pátio 2, que apresenta alta potência de motobomba e poucos bicos para distribuição da água, a pressão tende a subir.

A vazão por metro quadrado mostra a quantidade de água após cada irrigação e correlacionando-se com seu volume por hora. Isso mostra que de forma parcial, o ajuste nos tempos de irrigação reduziria o desperdício de água e quantidades de água desnecessárias que ultrapassam os limites suportados pelas plantas e escoariam pelo chão. A Figura 12 mostra como se dá a distribuição nos pátios analisados.

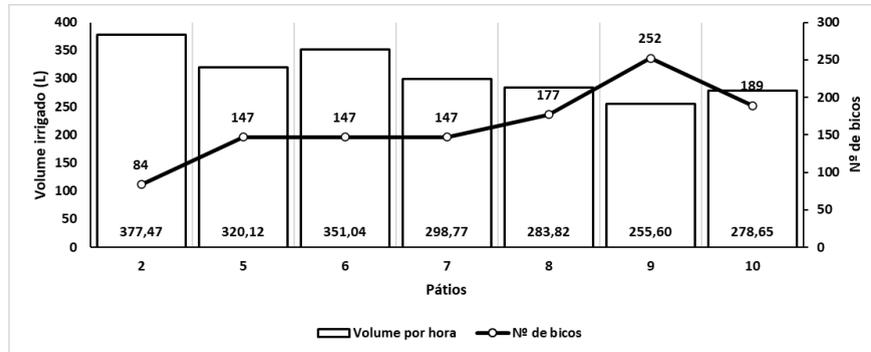
Figura 12. Relação vazão por metro quadrado de pátio.



Fonte: Do autor (2023).

O número de bicos está altamente relacionado com a vazão total dos pátios, conforme demonstrado na Figura 13. No pátio 9, apesar de apresentar menor média de vazão, é o pátio com o maior número de bicos, acarretando na maior vazão do viveiro. Em pátios com números próximos de bicos, a vazão por hora fica próxima, entretanto, quando extrapolamos para todos os bicos, essa relação não acontece devido à variação do número total de bicos.

Figura 13. Relação vazão (L h-1) pelo número de bicos.

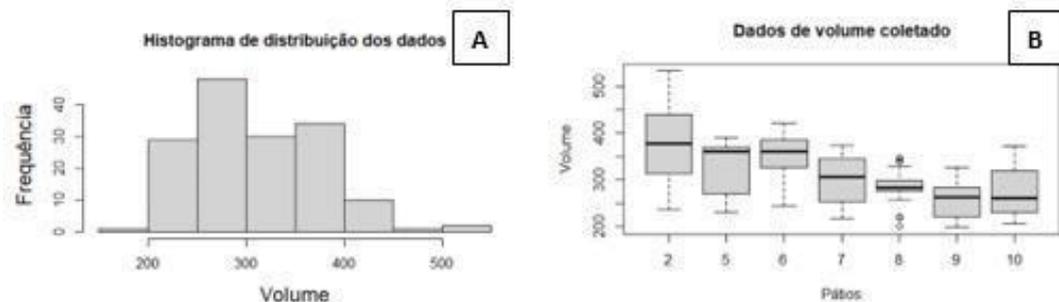


Fonte: Do autor (2023).

4.4 Relação entre vazão e pressão

Para os dados de vazões coletadas, foram realizados os testes para observar a distribuição dos dados em relação a sua normalidade. Na Figura 14 é possível observar a distribuição de dados de vazão ao longo dos pátios, bem como valores incoerentes e considerados outliers em relação à média do mesmo.

Figura 14. A) Distribuição de dados ao longo da curva normal; B) Outliers presentes em cada pátio.



Fonte: Do autor (2023).

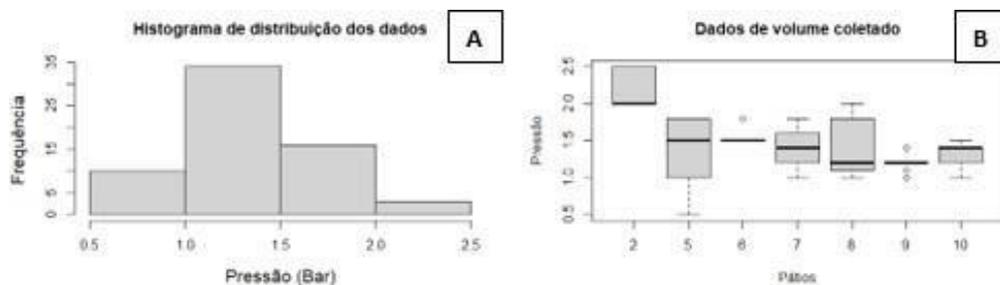
O teste de Shapiro-Wilk para dados de vazão, se dá pelo valor de p , no qual considera-se um conjunto de dados com distribuição normal valores de maiores que 0,05 no teste, contudo, o conjunto de dados apresentados teve um valor igual a 0,0007689, indicando que os dados de vazão não seguem distribuição normal. Essa não normalidade pode ser explicada com dados longe da média, os outliers, coletados, conforme apresentado na Figura 14.

Observa-se ainda que os dados do pátio 2 apresentam grande amplitude quando relacionados aos demais, mostrando a variação entre bicos, entretanto, a presença de outliers está principalmente presente no pátio 8, que tem grande variação entre os dados analisados. No

teste de significância de Kruskal-wallis, com o valor de p de $1,02 \times 10^{-9}$, indica que existe pelo menos um dos pátios com vazão de bicos significativamente diferente dos demais.

Analisando também a pressão pelos mesmos métodos, obtemos através da Figura 15, as análises de distribuição ao longo da curva normal dos dados e também presença de outliers.

Figura 15. A) Distribuição de dados ao longo da curva normal; B) Outliers presentes em cada pátio.



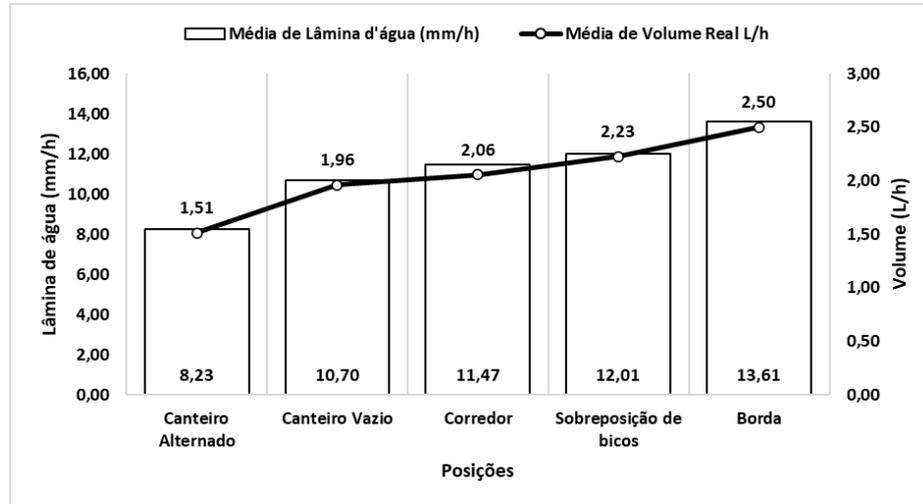
Fonte: Do autor (2023).

A pressão ao longo dos pátios também segue uma distribuição não normal, apontado pelo teste de Shapiro-Wilk, com um p value igual a 0,002713, indicando que os dados não seguem a distribuição normal. Assim, utilizando o teste de significância para dados não paramétricos, realizou-se teste de Kruskal-wallis, obtendo-se p value $5,9 \times 10^{-5}$, indicando que pelo menos um dos pátios apresenta a pressão diferente das médias de pressão dos demais pátios.

4.5 Vazão x volume coletado

Para correlacionar o volume irrigado e sua efetiva utilização, a coleta de dados com a bandeja plástica mostra o aproveitamento da água em função da área decada pátio, através do volume coletado em posições variadas dentro do pátio. Esse método tem por finalidade verificar o percentual de água perdido em diferentes posições, indicando os locais em que existe um acúmulo maior de água durante a irrigação. A Figura 16 demonstra a lâmina de água em cada situação, bem como o volume estimado em uma hora de sistema funcionando, na área ocupada pela bandeja plástica.

Figura 16. Relação entre volume x lâmina de água entre as posições avaliadas



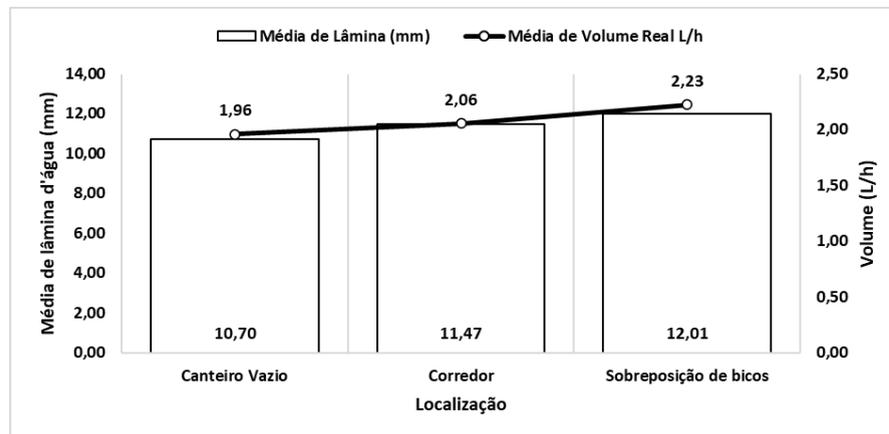
Fonte: Do autor (2023).

É possível observar que a maior lâmina de água se encontra na borda, devido à placa de metal existente nos bicos de borda, que evita a aspensão para as estradas e caminhos. Entretanto, o bico gira 360° e existe um acúmulo de água nessa parte, fazendo com que a lâmina seja acima das demais. Como era esperado, a lâmina localizada abaixo do canteiro com bandejas alternadas possui um menor valor, indicando a retenção de água nos tubetes e nas plantas.

4.6 Posições de coleta d'água

Quando considerados apenas os espaços vazios existentes no pátio, ou seja, canteiros sem bandejas e corredores, existe a diferença entre eles, na qual a água acumulada nos corredores é maior que no canteiro vazio, indicando uma má distribuição e cobertura das linhas de irrigação, gerando uma lâmina maior em locais sem a presença de mudas. Entretanto, pode-se observar que é uma diferença não significativa, visto que na Figura 17 é demonstrado exatamente isso, relacionando a lâmina de cada posição com os volumes estimados em uma hora percebe-se que são valores próximos.

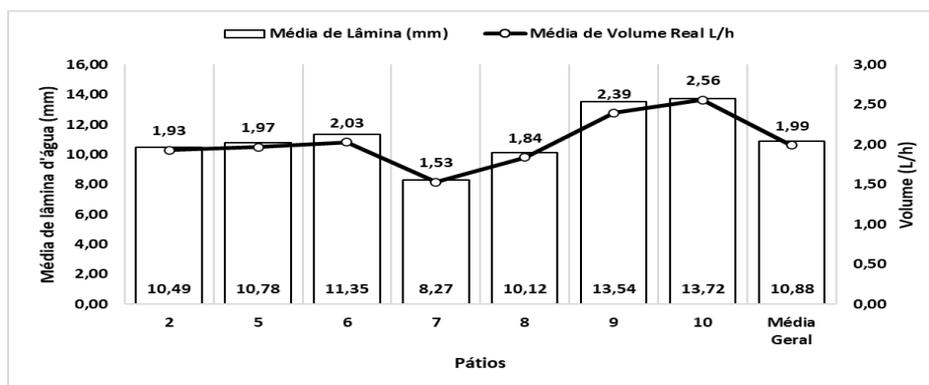
Figura 17. Comparação da distribuição de água durante a irrigação entre canteiros vazios e corredores.



Fonte: Do autor (2023).

A comparação entre os pátios mostra uma variação considerável de lâmina de água e, conseqüentemente, de volume estimado. Os pátios 9 e 10 apresentam as maiores lâminas, ficando acima de 12,5 milímetros, quando comparados com a médiageral, com um valor de 10,9 mm. Em contrapartida, o pátio 7 fica consideravelmente abaixo da média, com uma lâmina abaixo de 9 mm, mesmo apresentando o número de bicos igual aos pátios 5 e 6, evidenciando a diferença de vazão apresentada entre os pátios e conseqüentemente de pressão, conforme verificado na Figura 18.

Figura 18. Distribuição da lâmina de água ao longo do viveiro.



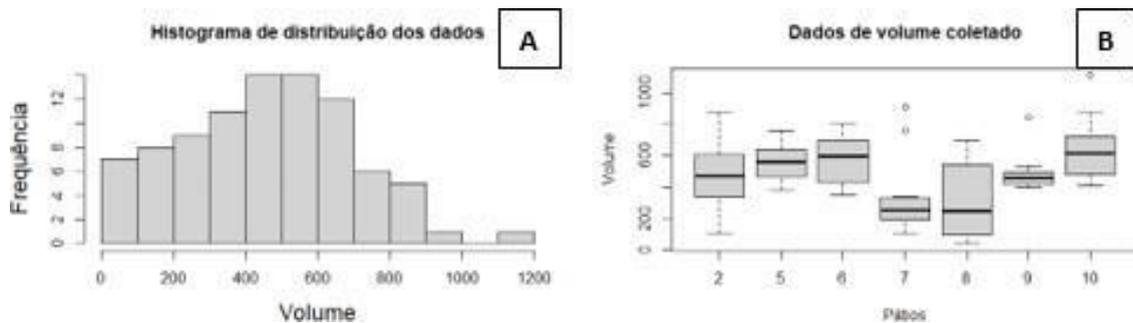
Fonte: Do autor (2023).

4.7 Análise estatística de volume coletado

Com o uso dos mesmos testes para verificar a normalidade dos dados de volume coletado, foi possível observar que os dados provenientes da bandeja plástica possuem uma distribuição normal. O valor no teste de Shapiro-Wilk, se aproxima de 0,34, portanto, nesse caso

foi possível realizar uma anova para apresentação dos dados. Na Figura 19 é possível observar a distribuição dos dados e a dispersão nos pátios.

Figura 19. A) Distribuição de dados ao longo da curva normal; B) Outliers presentes em cada pátio



Fonte: Do autor (2023).

Assim, pelo teste F (tabela 2), podemos observar ao nível de 5% de significância a diferença de volumes coletados ao longo do viveiro, pela análise de variância aplicada em função dos diferentes pátios, mostrando a diferença de otimização de uso da água entre pátios.

Tabela 2. Resultados da análise de variância do parâmetro volume coletado por pátio.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio	Valor de F	<i>p value</i>
Tratamento	6	229.606,00	5,59*	0,0000681
Resíduo	81	41.060,00		
Média geral		461,47 ml		
CV (%)		50,38		

*= significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F. CV (%) = Coeficiente de Variação em porcentagem

Fonte: Do autor (2023).

A partir da significância da análise de variância, o teste Tukey (Tabela 3) analisou as diferenças em média da vazão de cada pátio, tendo o pátio 10 com a maior média de vazão dentre todos.

Tabela 3. Médias de volume (L h-1) de vazão em cada pátio

Pátios	Médias
10	639,29 a
6	575,00 a
5	557,50 a
9	502,86 ab
2	482,63 ab
8	313,13 b
7	306,25 b

As médias seguidas da mesma letra não se diferem ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2023).

4.8 Uso efetivo da água

Como resultado final, é apresentado o aproveitamento da água em cada pátio analisado e um panorama geral do viveiro, sendo que apenas 37,17% da irrigação é efetivamente utilizada durante uma irrigação. O restante, 62%, são desperdiçados com a saturação precoce dos tubetes e em áreas de corredores, acarretando em uma elevada perda d'água em cada irrigação. A tabela 4 demonstra quais são os usos efetivos da irrigação em cada pátio, bem como o percentual de uso.

Tabela 4. Uso efetivo da água durante a irrigação.

Pátios	Volume Irrigado (L)	Volume coletado (L)	Percentual coletado (%)	Percentual aproveitado (%)	Volume aproveitado (L)
2	25.365,6	20.526,2	80,9%	19,0%	4.839,4
5	47.058,0	26.324,7	55,9%	44,0%	20.733,3
6	51.602,2	29.765,3	57,6%	42,3%	21.836,9
7	29.279,6	14.270,0	48,7%	51,2%	15.009,6
8	33.490,4	17.390,5	51,9%	48,0%	16.099,8
9	64.411,2	47.885,8	74,3%	25,6%	16.525,3
10	52.664,4	36.984,9	70,2%	29,7%	15.679,4
Média	303.871,7	193.147,7	62,8%	37,1%	110.724,0

Fonte: Do autor (2023).

Os pátios 9 e 10, que apresentam maior número de bicos, também apresentam as maiores

perdas, ultrapassados pelo pátio 2 que, apesar do menor número de bicos, apresenta a maior vazão, possuindo uma perda de aproximadamente 81%. Os demais pátios, sofrem influência direta da equipe responsável pela irrigação, que determina aduração e frequência de rega das plantas, fatores esses que influenciam na vazão do pátio.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apenas o pátio 2 destoa do restante do viveiro, com uma pressão superior aos demais, sendo passível da instalação de um manômetro juntamente a motobomba para controle da pressão ao ligar a irrigação e diminuir o uso indevido ou mesmo a substituição do equipamento e redução da potência da motobomba.

As placas de metal localizadas nos bicos de borda e de modelo bailarina influenciam diretamente para um acúmulo e perda significativa de água, haja vista que a busca por um novo modelo de bico com rotação de 180° e mesma cobertura de leque d'água que o micro aspersor modular, reduziria o desperdício, causando um impacto significativo na economia de água, principalmente em tempos de déficit hídrico.

Como sugestão de melhoria, o treinamento da equipe responsável pela irrigação nos pátios também deve ser feito, apresentando uma cartilha com os tempos, frequências e porte das mudas em duas situações referente à temperatura média, buscando a otimização na irrigação.

Uma das alternativas a serem feitas é a otimização do tempo de irrigação, no qual, mesmo não obtendo uma boa eficiência no uso da água, o volume perdido seria menor.

6 CONCLUSÃO

A desuniformidade apresentada no viveiro existe em função da particularidade de cada pátio com diferentes potências de motobomba, diferentes pressões e diferentes números de bicos pelos diferentes tamanhos.

A distribuição da pressão ao longo do viveiro explica em partes a diferença de vazão existente entre os pátios, também sendo explicado pelo número de bicos, nos quais setores com maior número de bicos possuem maior vazão, mesmo sem apresentarem maior pressão.

O uso efetivo da água de irrigação não atinge 40% em todo o viveiro, mostrando que mais de 60% da água aplicada é perdida.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2009. 500 p.

ALMEIDA, R. S., ALMEIDA, D. B., FARIA, J. C. T., MELO, L. A., STEHLING, E. C., VILELA, E. S. Efeito na indução do enraizamento em função da forma e ao tempode preparo das miniestacas de *Toona ciliata* e híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 48, n. 127, p. 3089, 2020.

CHRISTIANSEN, Jerald Emmett et al. **Irrigação por aspersão**. Berkeley:Universidade da Califórnia, 1942. Acesso em: 05 de março de 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Abdelkader-Bouaziz/post/Can_anyone_help_me_finding_this_article/attachment/61e45b5cf5675b211b1e8c36/AS%3A1112933983621120%401642355547947/download/Irrigation+by+Sprinkling.pdf

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Embrapa Florestas**, Colombo, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215024/1/doc94.pdf>. Acesso: 05 em outubro de 2022.

FERRARI, M. P. 2003. Cultivo do eucalipto: produção de mudas. Sistemas de produção 4. Versão Eletrônica. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/03_producao_de_mudas.htm. Acesso em: 31 de outubro de 2022.

FRIED, Harold O.; SCHMIDT, Shelton S.; LOVELL, CA Knox (Org.). **A medição da eficiência produtiva: técnicas e aplicações**. Oxford University Press, 1993. Disponível em: encurtador.com.br/buGO9. Acesso em: 05 de março de 2023.

HIGA, R. C. V.; BORSSATO, I. Propagação vegetativa por estaquia de espécies/procedências de *Eucalyptus*. **Pesquisa em andamento**, Curitiba, v 31, p. 2, 1983. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/315824/1/PA1983HigaPropagacaoVegetativa.pdf>. Acesso: 05 em março de 2023.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual Ibá 2021**. São Paulo: Café Art, 2020. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. Acesso em: 05 outubro de 2022.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual Ibá 2022**. São Paulo: Café Art, 2021. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 10 janeiro de 2023.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 835-843, 2007.

LOPES, J. L. W.; AMARAL, G. I.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, Botucatu, n. 68, p. 97-106, 2005.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais. **Embrapa – Comunicado Técnico**, Brasília, v85, p. 9, 2003.

REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 155-159, 2021.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAIS, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711- 720, 2007.

SANTOS, J. R., MANZIONE, R. L. Estimativa da recarga de águas subterrâneas em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani na região de Bofete - SP. **Águas Subterrâneas**. [S.l.], 2021. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29389>. Acesso em: 5 de março de 2023.

SILVA, C. R. A.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, A. S.; KLIPPEL, V. H.; BARBOSA, R. L. P. Desenvolvimento biométrico de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação na fase de crescimento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 35, n. 84, pág. 381-390, 2015.

SOUZA JÚNIOR, L.; WENDLING, I. Miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* utilizando propágulos juvenis. **Embrapa Florestais. Circular Técnica**, 108, Colombo, v 1, p. 3, 2005.

SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I.; HIGA, R. C. V. **Resgate de indivíduos adultos selecionados de *Eucalyptus viminalis* por estaquia**. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 1., 2002, Colombo. Anais [...]. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos,70). Resumo 19.

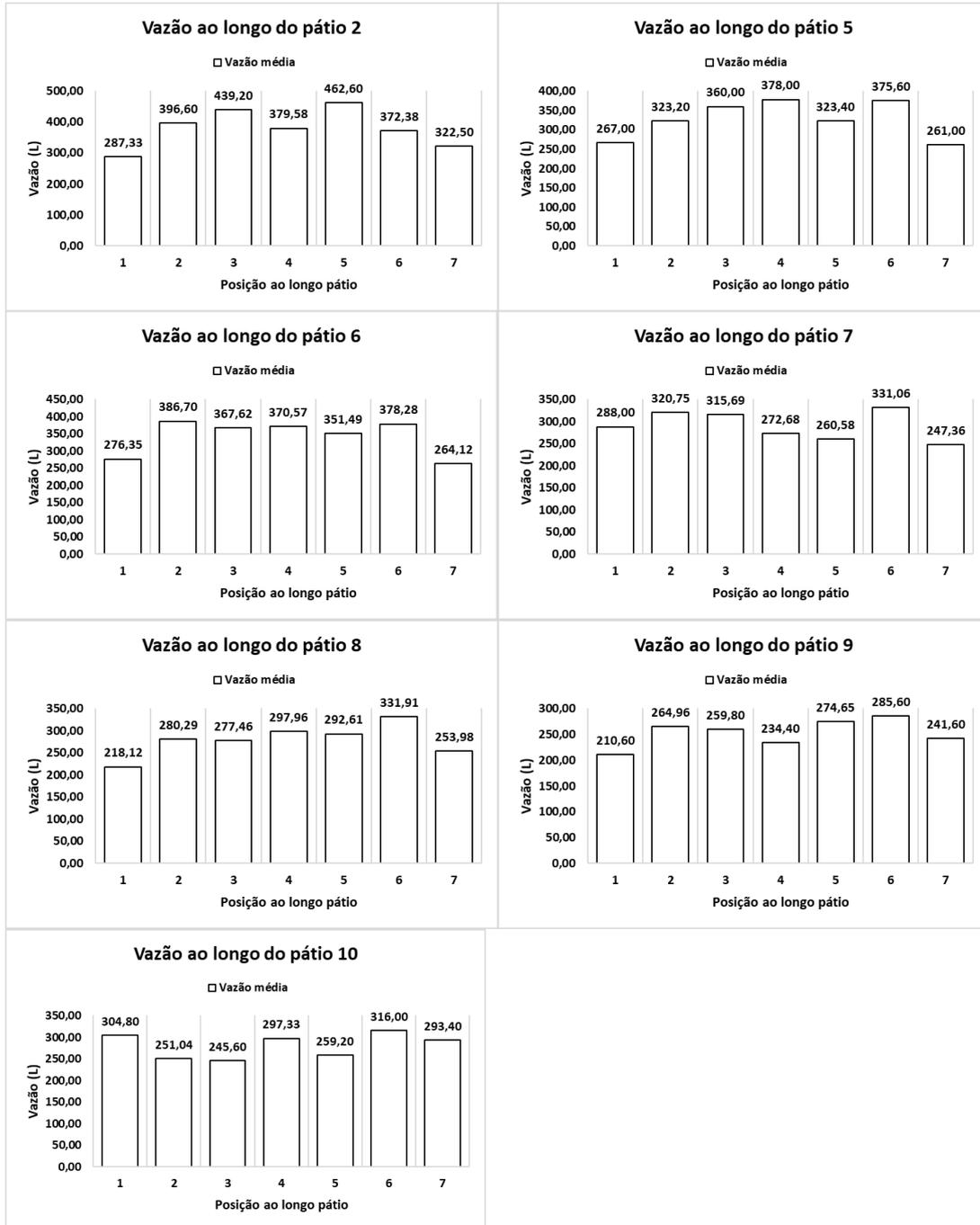
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology= Fisiologia Vegetal**. Editora Artemed: Porto Alegre, Brazil, 2013. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology = Fisiologia Vegetal**. 5ª Ed. Editora Artemed: Porto Alegre, Brazil, 2013.

XAVIER, A.; OTONI, W. C. Aplicações da micropropagação na clonagem de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, [S. l.], v. 33, n. 2, 2009. Disponível em: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6728>. Acesso em: 5 de março de 2023.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GABIRA, M. M.; VIEIRA, L. M.; DEGENHARDT, J. **Produção de mudas de eucalipto**. In: OLIVEIRA, EB de; PINTO JUNIOR, JE (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 22., 2021.

ANEXOS

Anexo I



Anexo II

