

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**MANEJO HÍDRICO DE MUDAS DE CAFÉ ARÁBICA CULTIVADAS COM
POLÍMERO HIDRORETENTOR E TURNOS DE REGA**

Mateus Oliveira Silva
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

MATEUS OLIVEIRA SILVA

**MANEJO HÍDRICO DE MUDAS DE CAFÉ ARÁBICA CULTIVADAS COM
POLÍMERO HIDRORETENTOR E TURNOS DE REGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Fernando Franca da Cunha

Coorientadora: Adriene Woods Pedrosa

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586m
2024

Silva, Mateus Oliveira, 1999-
Manejo hídrico de mudas de café arábica cultivadas com
polímero hidroretentor e turnos de rega / Mateus Oliveira Silva.
– Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (101 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Fernando França da Cunha.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Agrícola, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.735>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Café - Irrigação. 2. Polímeros. I. Cunha, Fernando França
da, 1980-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola. III. Título.

CDD 22. ed. 633.7387

MATEUS OLIVEIRA SILVA

**MANEJO HÍDRICO DE MUDAS DE CAFÉ ARÁBICA CULTIVADAS COM
POLÍMERO HIDRORETENTOR E TURNOS DE REGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de agosto de 2024.

Assentimento:

Mateus Oliveira Silva
Autor

Fernando Franca da Cunha
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 18/11/2024 às 09:30:26 e pelo orientador em 19/11/2024 às 12:02:05. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **TXZK.S3P4.KK2V** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pois eu tenho certeza de que sem Ele não conseguiria chegar até aqui, ele me dá força para levantar todos os dias e lutar por aquilo que acreditamos. À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação. Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Ao orientador Fernando França da Cunha e aos docentes que participaram do processo. À minha coorientadora Adriene Woods Pedrosa, do Departamento de Agronomia. Ao professor Paulo Cecon, do Departamento de Estatística pelo auxílio no processamento dos dados.

Ao técnico da Estação Experimental de Irrigação e Drenagem, José Antônio, pela ajuda e trocas de conhecimentos durante todo curso de mestrado. Agradeço a Michel Wakin pela grande força de extrair o solo de barranco debaixo de sol quente. À Vanessa Reniele, vulgo estagiária, pela ajuda da montagem até a última análise biométrica do experimento, você foi fundamental para a produção desse trabalho. Obrigado pela amizade e todo apoio.

Aos pós-graduandos da área de Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD-DAA) e ao professor Francisco pela disponibilidade do uso da casa amarela. Ao Marcelo de Freitas Ribeiro, da Fazenda Boa Safra Sementes, pela doação das sementes de café. Ao Laboratório de Fitopatologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela disponibilidade e auxílio nos aparelhos de análise radicular.

Aos amigos que fiz ao longo dessa curta jornada longa, que me apoiaram e me fizeram rir e me proporcionaram passar por essa fase numa leveza que sozinho eu não conseguia enxergar, obrigado Adaíla Oliveira, Ana Paula Maciel, Andressa Graebin e nossa pequena Bianca, Antonio Magno Diana Jhulia, Gabriel Botelho, Jheniffer Castro, Liliane Marques, Lorena Brito, Marília Cecília, Natally e Vivian Gabriela.

Aos meus tios que a vida me deu, Garibalde e Tânia, e minha sister Nathália, por terem sido tão apoiadores na reta final dessa trajetória, obrigado por me acolherem tão bem, vocês são incríveis, gentis e de um coração enorme. Agradeço também a Assíria, pois com pouco tempo de conhecimento me ajudou de uma forma incrível. Grato pela vida de Francisco Raylan, meu noivo, o homem que sempre esteve ao meu lado, desde a graduação me apoiando e me ajudando a

dividir o peso da caminhada, obrigado por ser meu amparo e minha força dentro e fora da universidade, a vida é mais leve contigo, amo você.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À UPL Brasil por fornecer o polímero hidroabsorvente UPDT para a condução dos experimentos.

“Suportei uma imensidão e, mesmo assim, esforcei-me por manter a compostura e
cordialidade.”

RESUMO

SILVA, Mateus Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2024. **Manejo hídrico de mudas de café arábica cultivadas com polímero hidroretentor e turnos de rega.** Orientador: Fernando Franca da Cunha. Coorientadora: Adriene Woods Pedrosa.

O café, é uma das bebidas mais consumidas globalmente, sendo uma das principais commodities do mercado brasileiro. Produzir café de qualidade de forma sustentável envolve o uso de mudas que maximizam o potencial genético e influenciem o desenvolvimento da planta. Problemas climáticos, como má distribuição de chuvas, afetam a sustentabilidade da produção. O uso de polímeros hidroabsorventes, especialmente biodegradáveis, pode aumentar a retenção de água, facilitar o manejo hídrico e melhorar a qualidade das mudas de café. Foram realizados experimentos com saquinhos de polietileno e Tubetes de Polipropileno com diferentes doses de hidrogel e 2 turnos de rega. Em ambos os experimentos, a combinação de 0,50% de UPDT e um turno de rega de 2 dias resultou no maior consumo hídrico durante a produção de mudas de café arábica. Isso indica que, independentemente do volume de substrato ou do tipo de recipiente utilizado (saquinhos de polietileno ou tubetes de polipropileno), essa combinação demanda mais água. Nos dois experimentos, o turno de rega de 2 dias (TR2) foi recomendado para a irrigação e produção das mudas, sugerindo que essa frequência de irrigação é adequada tanto para saquinhos quanto para tubetes. Contudo, por apresentar superioridade nos valores, o uso de recipientes maiores como o saquinho é mais recomendado, combinado com doses de 0,25% de UPDT, recomendando-se valores de coeficiente de cultivo (Kc) para produção de mudas de 0,19; 0,26 e 0,29 para os períodos de 0-49, 50-84 e 85-159 dias após semeadura, respectivamente.

Palavras-chave: *coffea arábica* L.; irrigação. hidrogel; polímeros naturais; updt.

ABSTRACT

SILVA, Mateus Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2024. **Water management of Arabica Coffee seedlings with water-absorbent polymer and irrigation shifts.** Adviser: Fernando Franca da Cunha. Co-adviser: Adriene Woods Pedrosa.

Coffee is one of the most consumed beverages globally, being one of the main commodities in the Brazilian market. Producing quality coffee in a sustainable way involves the use of seedlings that maximize the genetic potential and influence the development of the plant. Climatic problems, such as poor rainfall distribution, affect the sustainability of production. The use of hydroabsorbent polymers, especially biodegradable, can increase water retention, facilitate water management, and improve the quality of coffee seedlings. Experiments were carried out with polyethylene bags and polypropylene tubes with different doses of hydrogel and 2 irrigation shifts. In both experiments, the combination of 0.50% UPDT and a 2-day irrigation shift resulted in the highest water consumption during the production of Arabica coffee seedlings. This indicates that, regardless of the volume of substrate or the type of container used (polyethylene bags or polypropylene tubes), this combination requires more water. In both experiments, the 2-day irrigation shift (TR2) was recommended for irrigation and seedling production, suggesting that this irrigation frequency is adequate for both bags and tubes. However, because it presents superiority in the values, the use of larger containers such as the bag is more recommended, combined with doses of 0.25% UPDT, recommending values of cultivation coefficient (Kc) for seedling production of 0.19; 0.26 and 0.29 for the periods 0-49, 50-84 and 85-159 days after sowing, respectively.

Keywords: *coffea arabica* L.; irrigation; hydrogel; natural polymers; updt.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
2. JUSTIFICATIVA	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Café (<i>Coffea arabica</i> L.).....	12
3.1.1 Catuaí Amarelo IAC 62	14
a. Origem.....	14
b. Características.....	15
c. Recomendações de plantio	16
3.2 Cultivo de Café.....	17
3.3 Produção de Mudas.....	18
3.4 Irrigação.....	19
3.5 Coeficiente de Cultura (Kc).....	23
3.6 Recipientes.....	24
3.7 Polímeros Retentores de Água.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
RESUMO.....	44
1. INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
2.1 Área experimental	46
2.2 Delineamento Experimental	47
2.3 Montagem do Experimento	47
2.4 Manejo da Irrigação	48
2.5 Variáveis Analisadas	49
2.6 Análise dos Dados	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.1 Consumo Hídrico	53
3.2 Germinação	54
3.3 Avaliações Biométricas	56
3.4 Fitomassas	59
3.5 Regressões.....	60
3.6 Coeficiente de Cultivo.....	62
4. CONCLUSÕES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

CAPÍTULO II - Manejo Hídrico de Mudras de Café arábica cultivadas com Polímero Hidroabsorvente e Turnos de Rega em Tubetes de Polipropileno	71
RESUMO.....	71
1. INTRODUÇÃO.....	72
2. MATERIAL E MÉTODOS	73
2.1 Área Experimental	73
2.2 Delineamento Experimental	74
2.3 Montagem do Experimento	74
2.4 Manejo da Irrigação	74
2.5 Variáveis Analisadas	75
2.7 Análise dos Dados	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
3.1 Consumo Hídrico	80
3.2 Germinação	81
3.3 Avaliações Biométricas	82
3.4 Fitomassas	85
3.5 Regressões.....	86
3.6 Coeficiente de Cultura	88
4. CONCLUSÕES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
APÊNDICE A	98
APÊNDICE B	100

1. INTRODUÇÃO GERAL

O café é cultivado em mais de 80 países tropicais, sendo uma das bebidas mais consumidas no mundo inteiro, o que contribui para ser uma das *commodities* mais comercializadas no mercado global (Damatta et al., 2019; FAO, 2022). Além disso, seu consumo permeia diversos contextos socioculturais do ser humano (Samoggia; Riedel, 2018).

A produção de café de qualidade e de forma econômica e sustentável tem início com o estabelecimento de uma lavoura bem formada e sadia, sendo este um processo complexo, pois pode ser influenciado por diversos fatores (Wang et al., 2021). Dentre os fatores limitantes, destaca-se a ocorrência de problemas climáticos como a má distribuição de chuvas, temperaturas do ar extremas entre outros que podem ameaçar a sustentabilidade da atividade cafeeira (Venancio et al., 2020). Uma forma de minimizar esses problemas seria utilizar mudas de qualidade capazes de expressar todo o potencial genético e influenciar diretamente o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea da planta (Aleman; Campos; Mantovani, 2020; Franzin et al., 2022).

A qualidade morfológica e fisiológica das mudas pode ser influenciada por diversos fatores. Dentre estes, destacam-se a genética e a procedência das sementes, as condições ambientais do viveiro e os métodos utilizados na produção das mudas (Alixandre et al., 2021). Informações sobre a produção de mudas de café, em alguns casos, ainda são abordadas de maneira generalista. Um exemplo é a mesma recomendação no manejo hídrico independente do recipiente utilizado no processo de produção das mudas. Atualmente, o manejo hídrico de mudas de café é fundamentado em experiências empíricas de produtores, desprovidos de referências de pesquisas científicas. Porém, sabe-se que a qualidade e o volume de substrato, bem como o tipo de recipiente podem interferir na disponibilidade de água e, conseqüentemente, no manejo da irrigação das mudas de café (Thomas et al., 2016).

Uma forma de aumentar a disponibilidade de água no substrato e garantir maior segurança hídrica na produção de mudas de café é por meio do uso de polímeros hidroabsorventes.

Diante disso, o uso de polímeros biodegradáveis é uma alternativa sustentável para aumentar a retenção, garantindo que a água fique facilmente disponível para as plantas (BRASILBOR, 2019). Além disso, esses polímeros ao se degradarem

naturalmente, também podem melhorar a estrutura do solo, proporcionando benefícios tanto ambientais quanto agrícolas (Choi et al., 2022). Portanto, o uso de polímeros biodegradáveis é uma forma sustentável favorecer a retenção de água nos recipientes durante a produção das mudas de café.

Um dos polímeros naturais é o UPDT®, composto por amido-g-poli2-propenamida-co-2-ácido propenóico-sal de potássio, tecnologia recente e sustentável, registrada pela UPL Brasil para uso em plantas na fase inicial. No entanto, mais estudos são necessários para validar o uso do UPDT na agricultura, especialmente em relação à retenção de água, à dosagem ideal para mudas de café e ao tempo de biodegradação no solo. Além disso, é importante investigar a interação desses polímeros hidroabsorventes com a frequência de irrigação para melhorar o crescimento e a qualidade das mudas de café (BRASILBOR, 2023).

Diante disso o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar diferentes doses de polímero hidroabsorvente e turnos de rega no consumo hídrico e características agronômicas de mudas de café (*Coffea arabica* L.) produzidas em distintos recipientes, sacos de polietileno e tubetes de polipropileno.

2. JUSTIFICATIVA

A produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.) de alta qualidade é essencial para garantir o sucesso dos cafezais, influenciando diretamente o estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas no campo. A disponibilidade e manejo adequado da água são fatores críticos para o crescimento das mudas, especialmente em regiões onde há restrições hídricas. Nesse contexto, o uso de polímeros hidroabsorventes tem sido estudado como uma alternativa promissora para otimizar a retenção de água no substrato, reduzindo a frequência de irrigação e o consumo hídrico das mudas.

Além disso, o tipo de recipiente utilizado na produção de mudas, como sacos de polietileno e tubetes de polipropileno, pode afetar as características agronômicas, como o desenvolvimento radicular, a capacidade de retenção de umidade e a aeração do substrato. Com isso, é necessário avaliar o impacto de diferentes doses de polímero hidroabsorvente e turnos de rega em diferentes tipos de recipientes, visando identificar práticas que melhorem a eficiência no uso da água e promovam o crescimento saudável das mudas.

Diante dessa problemática, a presente pesquisa se justifica pela necessidade de desenvolver tecnologias e práticas agrícolas sustentáveis que otimizem o uso dos recursos hídricos, especialmente em viveiros de produção de mudas de café.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Café (*Coffea arabica* L.)

O café é conhecido pela humanidade há mais de cinco mil anos, e sua história já foi narrada em várias línguas e por diferentes nações. Há registros de que o café era utilizado em diversas regiões, não apenas na Etiópia, que é amplamente reconhecida como o berço do café. O nome *Coffea arabica* e outras referências a países árabes não correspondem exatamente à origem do café, pois a região africana é considerada o local mais provável de sua origem (Pereira, 2018).

O café foi introduzido na Guiana Holandesa e no Suriname, e, posteriormente, levado para a Guiana Francesa, chegando ao Brasil. As primeiras mudas e sementes nesse período, chegaram ao Brasil em 1727, trazidas por Francisco de Mello Palheta, apesar da rigorosa vigilância das autoridades na colônia. Inicialmente, o café foi plantado no Pará e logo se espalhou pelas capitânicas vizinhas. No Maranhão, o cultivo pode ter começado na mesma época (Pereira, 2018).

Segundo Filetto; Alencar (2001), as primeiras fazendas de café no Sul de Minas estavam situadas nos municípios de Aiuruoca, Jacuí e Baependi no final do século XVIII. Por outro lado, nas outras regiões, como o norte e o oeste de Minas, as fazendas de café só começaram a se desenvolver na segunda metade do século XIX, conforme afirmam Grinberg; Oliveira (2004).

O Brasil é o maior produtor de café no mundo, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Também se encontra no segundo lugar de maior consumidor de café do mundo em volume. O consumo per capita no país, de novembro de 2022 a outubro de 2023, foi de 6,40 kg por ano de café cru e 5,12 kg por ano de café torrado e moído (ABIC, 2023). A produção nacional de café em 2022 alcançou 24,8 scs/ha de *café arabica*, e em 2023, 30,3 scs/ha (CONAB, 2023).

A cultura do café constitui um dos produtos agrícolas de exportação mais significativos globalmente. Entre as espécies mais conhecidas, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner destacam-se como as duas espécies

comercialmente mais relevantes (Melese et al., 2021). A produção comercial anual mundial de café é majoritariamente liderada pelo café arábica, representando cerca de 60% do total (International Coffee Organization, 2022).

O café arábica é mais valorizado no mercado e possui melhor aceitabilidade, em função das características inerentes a essa espécie, tais como baixo teor de cafeína, maior teor de açúcares, notável aroma, menor amargor entre outras (Guerreiro Filho; Mazzafera, 2003; Philippe et al., 2009; Muñoz-Pajares et al., 2023). A maioria das bebidas de café preparadas no mundo é produzida a partir da cultivar *C. arabica* L., devido às suas propriedades sensoriais muito apreciadas, alcançando assim preços elevados nos mercados de exportação (Organização Internacional do Café, 2021). Devido aos fatores citados anteriormente, a relevância do café transcende seu valor comercial, posicionando-se como uma das culturas mais disseminadas e valiosas globalmente (FAO, 2022).

O Brasil detém a posição de principal produtor global de café arábica (CONAB, 2024), contribuindo com expressivos 33,7% da produção mundial, distribuída em uma área plantada de está em constante expansão. A espécie arábica (*C. arabica* L.) é responsável por mais de 75% da produção total do país, sendo cultivada em aproximadamente 80% da área destinada à cafeicultura brasileira, com uma concentração significativa de cerca de 50% da safra nacional no estado de Minas Gerais (Souza et al., 2023; Agência Minas, 2024).

Ainda que diante da sua importância, da presença de grande diversidade genética, de diversas cultivares e de solos adequados, a produção de café ainda pode ser otimizada (Ayana et al., 2016). A produção de café arábica é afetada por práticas inadequadas no manejo da cultura, baixos rendimentos em grãos, solos pobres, doenças e pragas. Além de outros fatores como a obtenção de informações inadequadas e sem vigor científico, falta de infraestrutura física, resistência ao uso de híbridos melhorados, serviços de extensão deficientes e mudanças climáticas (Fekede; Gosa, 2015).

A respeito da fisiologia do cafeeiro, o desenvolvimento vegetativo das plantas de café segue um padrão sazonal, pois durante a fase ativa de crescimento vegetativo, que ocorre de setembro a março, as temperaturas do ar são mais altas e há chuvas abundantes. Já na fase de dormência, que vai de março a setembro, durante o período seco e frio, o crescimento das plantas se torna praticamente insignificante a partir do final de maio (DaMatta; Rena; Carvalho, 2007).

No entanto, a falta de chuvas não parece ser o principal elemento que regula o ritmo de crescimento do café, pois a irrigação durante o período seco e frio não afeta as taxas de crescimento. A redução no crescimento das plantas de café provavelmente é influenciada, principalmente, por temperaturas do ar baixas. Além disso, quedas temporárias no crescimento, observadas de janeiro a fevereiro, parecem estar relacionadas a temperaturas elevadas e intensidade solar forte (DaMatta; Rena; Carvalho, 2007).

Por outro lado, a morfologia do cafeeiro, em geral, se destaca pela arquitetura da planta, uma vez que a mesma está montada sobre uma copa, cujos ramos apresentam uma diferença em sua forma relacionado à formação de dois tipos de ramos com funções e posicionamento diferente na planta. Aqueles que se desenvolvem no sentido vertical e tem a função de sustentação são denominados de ortotrópicos, enquanto aqueles que tomam a direção horizontal, pela ação da gravidade, crescendo lateralmente, e tem função de produção são os plagiotrópicos. A interação entre os padrões de crescimento proporcional desses dois tipos de ramos confere ao *C. arabica* um formato cilíndrico (Alves, 2007).

As cultivares mais recentes incluem a Icatu e Mundo Novo, além das cultivares do grupo Catucaí e a Catuaí. A Catuaí Vermelho é conhecida por seus frutos vermelhos, enquanto a Catuaí Amarelo é caracterizada por frutos amarelos. Essas cultivares são projetadas para se adaptar a diferentes condições de cultivo e produzir grãos de café de alta qualidade. Além disso, possuem características sensoriais distintas e apreciadas pelos consumidores (Carvalho, 2007).

As cultivares também apresentam bons índices de produtividade, o que é crucial para os produtores comerciais. São resistentes a doenças comuns que afetam as plantas de café, contribuindo para uma produção mais estável e saudável. Por fim, oferecem nuances diferentes de sabor e aroma no café produzido, permitindo uma diversidade de opções para os apreciadores da bebida (Carvalho, 2007).

3.1.1 Catuaí Amarelo IAC 62

a. Origem

A cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 foi obtida pelo Instituto Agrônomo de Campinas – IAC por meio do cruzamento de 'Caturra Amarelo', prefixo IAC 476-11, com

'Mundo Novo' IAC 374-19. O híbrido resultante recebeu o prefixo IAC H2077. Na população F3 (IAC H2077-2-5), foram obtidos cafeeiros homozigotos para porte baixo e para frutos amarelos, mas com o desejado vigor da 'Mundo Novo'. Essa nova combinação foi denominada de Catuaí Amarelo, tendo como características principais o porte baixo (tipo Caturra) e frutos com exocarpo (casca) amarelo (Consórcio Brasileiro de Pesquisa do Café, 2011).

A cultivar foi liberada, pelo IAC, para fins comerciais, em 1972. Durante mais de 20 anos considerou-se que existia somente uma cultivar 'Catuaí Amarelo' e várias linhagens dentro desta cultivar, como, por exemplo, IAC 86, IAC 74 e IAC 62. Todavia, em 1999, devido às exigências da Lei de Proteção de Cultivares, cada uma das antigas linhagens foi registrada no Registro Nacional de Cultivares (RNC) como uma nova cultivar. Assim, atualmente usa-se o termo Catuaí Amarelo em referência a um grupo de cultivares e, por exemplo, Catuaí Amarelo IAC 62 e Catuaí Amarelo IAC 74, como cultivares e não mais como linhagens (Consórcio Brasileiro de Pesquisa do Café, 2011).

b. Características

O Quadro 1 apresenta a ficha técnica da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. Este quadro fornece detalhes essenciais sobre as características da cultivar, incluindo suas especificações técnicas, aspectos agronômicos e informações relevantes

Quadro 1 - Ficha Técnica da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62

Porte (altura da planta):	Baixo
Copa:	Cilíndrica
Diâmetro da copa:	Médio
Comprimento do internódio:	Curto
Ramificação secundária:	Abundante
Cor das folhas jovens (brotos):	Verde-claro
Tamanho da folha:	Médio
Cor do fruto maduro:	Amarelo
Formato do fruto:	Oblongo
Tamanho da semente:	Médio
Formato da semente:	Curto e largo
Ciclo de maturação:	Tardio
Ondulação da borda da folha:	Pouco ondulada

Resistência à ferrugem:	Suscetível
Resistência a nematoide:	Suscetível
Vigor:	Alto
Qualidade da bebida:	Boa
Produtividade:	Alta

Fonte: Carvalho (2022).

Na Figura 1 são ilustradas as características do fruto da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. Esta figura destaca as principais características visuais e morfológicas do fruto, proporcionando uma compreensão visual detalhada das suas particularidades.

Figura 1 - Características do Fruto da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62



Fonte: Google Imagens (2024).

c. Recomendações de plantio

De modo generalizado, das cultivares mantidas pelo IAC registradas no RNC, as mais recomendadas para plantio têm os sufixos: IAC 17, IAC 32, IAC 39, IAC 47, IAC 62, IAC 74, IAC 86 e IAC 100. Destas, a IAC 62 tem se destacado como a mais cultivada (Consórcio Brasileiro de Pesquisa do Café, 2011). Contudo, vale ressaltar que a escolha da cultivar depende de diversos fatores.

Sua aceitação deve-se ao fato de que as cultivares do grupo Catuaí Amarelo têm demonstrado uma ampla capacidade de adaptação e altos níveis de produção na maioria das regiões cafeeiras onde são cultivadas. Além disso, seu porte pequeno permite maior densidade de plantio e torna mais fácil a colheita e os tratos fitossanitários. São adequadas para pequenos proprietários que possuem cafeicultura do tipo familiar (Consórcio Brasileiro de Pesquisa do Café, 2011).

Em áreas irrigadas, no espaçamento de 3,80 x 0,50 m, a produtividade média é de 60 sacas de café beneficiado por hectare. Quando manejada e processada

adequadamente, a qualidade da bebida tende a ser excelente, sendo esta qualidade explicada pela participação da 'Bourbon Vermelho' em 75% de seu material genético (Consórcio Brasileiro de Pesquisa do Café, 2011).

3.2 Cultivo de Café

A produção de café desempenha um papel de grande relevância na economia global (Belan et al., 2020), por gerar milhares de empregos direta e indiretamente. No contexto brasileiro, essa atividade agrícola é particularmente crucial (Baitelle et al., 2018). O sistema de produção de café envolve uma complexa interação de diversos fatores ao longo de várias etapas, incluindo o estabelecimento da lavoura, o manejo nutricional e fitossanitário, a pré-colheita, a colheita e os processos pós-colheita, beneficiamento e armazenamento.

Entre esses elementos, a montagem dos estandes assume destaque significativo, pois o café é uma cultura perene cujo sucesso depende substancialmente da escolha apropriada do local de plantio, da preparação do solo, da escolha da cultivar e do próprio processo de implantação e condução da lavoura (Guimarães et al., 2019).

Em campo, as plantas estão sujeitas a inúmeros fatores adversos, tanto de origem biótica quanto abiótica, que atuam como elementos restritivos à produtividade nas culturas agrícolas (Garcia et al., 2019). Mundialmente, as mudanças nos períodos de chuvas têm causado impactos significativos na frequência e intensidade das precipitações, resultando em efeitos adversos no equilíbrio hídrico, tanto por excesso quanto por déficit. Essas alterações climáticas têm contribuído para o aumento das condições de seca, que por sua vez resultam em déficits hídricos nas plantas.

Tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o déficit hídrico são fatores limitantes que exercem influência prejudicial sobre a produção agrícola, interferindo nos processos relacionados ao crescimento e ao metabolismo das plantas (Martinez; Bohorquez; Cecon, 2024).

Apesar das alterações climáticas e seus desdobramentos para a cultura, o cafeeiro demonstra uma notável capacidade de adaptação a diversas condições ambientais e práticas agrícolas, o que o consolida como um dos principais produtos exportados para inúmeros países (Mussatto et al., 2011).

3.3 Produção de Mudanças

O café pode ser propagado por diversos métodos, como a enxertia. No entanto esse é um processo técnico que pode exigir mais habilidades e equipamentos, tornando-o mais caro em comparação com a propagação por sementes. Outro método é a propagação por estacas, pois além de ser mais rápido no desenvolvimento inicial das mudas, ainda mantém as características genéticas da planta mãe. Entretanto, requer cuidados especiais para evitar a propagação de doenças e pragas que podem afetar as estacas (Ferrão et al., 2008).

O terceiro método é a micropropagação, ou cultivo de tecidos. Trata-se de um método avançado que utiliza ambientes controlados, como laboratórios, para cultivar células ou tecidos vegetais e gerar novas plantas, contudo, é onerosa e requer instalações e equipamentos especializados. A técnica mais comum de propagação do café arábica é pela via seminífera. Este método é relativamente simples e de baixo custo, pois as sementes podem ser obtidas diretamente dos frutos sadios. Além disso, em muitas regiões produtoras de café, a produção de mudas por sementes é suficiente para atender às necessidades de cultivo (Coelho, 2024).

A produção de mudas de qualidade representa um fator crucial para o êxito no estabelecimento de uma lavoura cafeeira. Isso porque mudas de qualidade propiciam uma formação inicial robusta da planta, assegurando um desenvolvimento adequado até a colheita. A qualidade de uma muda está intrinsecamente ligada a diversos fatores de importância fundamental para o sucesso de uma lavoura cafeeira, incluindo o volume do recipiente, a qualidade do substrato utilizado, o manejo fitossanitário e a disponibilidade de água (Tomaz et al., 2012).

A produção e manejo de mudas em viveiros desempenham um papel fundamental no sucesso do estabelecimento da plântula (Rochmah et al., 2015) e na manutenção do desenvolvimento da muda de café, pois contribuem significativamente para a produção de mudas vigorosas destinadas ao transplante (Teshale; Kufa Obso; Regassa 2019).

A qualidade das mudas é primordialmente influenciada pelo sistema de cultivo do viveiro e pelas técnicas empregadas nesse processo. De maneira ideal, esses elementos colaboram de forma sinérgica para atingir metas específicas relacionadas à genética, fisiologia, fenologia e morfologia, alinhadas aos padrões de crescimento das espécies/cultivares, às condições do local de plantio, aos manejos e aos objetivos

do gestor da terra. Isso assegura que a cultivar apropriada seja plantada no local adequado (Dumroese et al., 2016).

A taxa de emergência, crescimento, desenvolvimento e desempenho das mudas de café são influenciados pelo tipo, tamanho do recipiente e qualidade de substrato disponível ou fornecido, assim como fertilizantes orgânicos ou inorgânicos (Ajema et al., 2022). Os recipientes utilizados nos viveiros apresentam variações notáveis e tais características exercem impacto direto na densidade de crescimento, nas necessidades de irrigação e no tamanho do recipiente, bem como no desenvolvimento das plantas (Landis et al., 2014).

Durante a fase de muda, a sensibilidade do cafeeiro à limitação hídrica é evidente, manifestando-se como desfolha e redução na taxa de crescimento em plantas que passaram por déficit hídrico. Adicionalmente, a escassez de água resulta na perda de turgescência foliar e diminuição da atividade fotossintética, o que, por sua vez, implica em menor disponibilidade de carbono destinado ao crescimento da planta (Taiz et al., 2017).

Estes efeitos exercem influência direta sobre as interações hídricas e nutricionais, a fotossíntese, a partição de assimilação, a respiração, o crescimento e rendimento das culturas e ocorrências de danos oxidativos. Apesar das respostas das plantas à seca serem relativamente conhecidas, informações sobre o desempenho em ambientes protegidos, nos quais ocorrem múltiplos estresses simultaneamente, são limitadas (Martinez; Bohorquez; Cecon, 2024).

3.4 Irrigação

Na fase de muda, o cafeeiro manifesta sensibilidade à escassez de água, o que resulta em desfolhamento, diminuição na taxa de crescimento das plantas e, conseqüentemente, mortalidade das mudas sujeitas ao déficit hídrico. Adicionalmente, a insuficiência de água também pode provocar a perda de turgescência foliar e redução da atividade fotossintética, e, conseqüentemente, menor disponibilidade de carbono para o crescimento vegetal (Chaves et al., 2002, 2009). Portanto, o déficit hídrico pode aumentar a vulnerabilidade da planta a outros fatores adversos (Souza et al., 2011).

De maneira geral, as melhores condições para mudas de café são: temperatura média anual de 19 °C a 21 °C e precipitação pluvial de 1.400 a 1.500 mm anuais, bem

distribuída no período de primavera, verão e outono. Em média, a muda de café precisa de cerca de 4 a 6 litros de água por dia e considerando um hectare, a quantidade de água necessária para ser estimada entre 8.000 a 12.000 litros por dia, durante a fase de crescimento ativo (BASF, 2024).

A irrigação tem sido uma importante estratégia para otimização da produção de mudas de café. A lâmina de água ideal a ser aplicada deve ser em função de parâmetros da planta, sistema de irrigação e condições meteorológicas no local de produção. De modo geral, são realizadas irrigações com alta frequência e em quantidade superior à necessidade hídrica das plantas, provocando desperdício de água e energia (Cruz et al., 2020).

Além disso, o excesso hídrico pode causar perdas de mudas por hipóxia, lixiviação dos nutrientes presentes no substrato e proporcionar um microclima favorável a doenças (Medina et al., 2019). Por outro lado, a falta de água pode induzir o fechamento dos estômatos, a fim de evitar a perda de água por transpiração, o que acarreta a redução da atividade fotossintética, absorção de nutrientes pelas plantas (Correia et al., 2019), assim como elevação da temperatura foliar.

O turno de rega ou frequência de irrigação em viveiros menos tecnificados também merece especial atenção. A utilização de maiores frequências de irrigação proporciona gastos adicionais com mão de obra na produção de mudas de café. Por outro lado, menores frequências de irrigação podem acarretar déficit hídrico e perdas significativas de mudas, gerando inclusive mortalidade (Cruz et al., 2020).

Os problemas em relação a frequência de irrigação em mudas de café são potencializados pelos pequenos volumes de substrato, que podem proporcionar baixo armazenamento de água conforme sua composição. Com menor quantidade de água, a flexibilidade no manejo hídrico é reduzida e a irrigação deve ser administrada de forma mais criteriosa.

A escassez de água representa um dos principais desafios que conduzem à redução da produção de alimentos em escala global (Fischer; Reddy; Rao, 2016). No cenário brasileiro, em áreas onde o cultivo de café ocorre sem a utilização de sistemas de irrigação, a carência de água exerce um impacto adverso na produtividade das plantações de café, ocasionando uma diminuição na capacidade de realizar a fotossíntese e na redução do acúmulo de açúcares essenciais para o desenvolvimento dos frutos (Custódio et al., 2014).

A disponibilidade de água desempenha um papel crucial no desenvolvimento vegetativo inicial dos cafeeiros, constituindo aproximadamente 60% dos custos associados à produção de mudas no tradicional sistema de condução de viveiros (Tesfaye et al., 2008). O estresse hídrico é identificado como um fator ambiental de potencial prejuízo significativo para a cultura do cafeeiro, visto que é constante a expansão da cafeicultura brasileira para regiões consideradas desafiadoras em termos de cultivo, devido à susceptibilidade à escassez hídrica (Batista et al., 2010).

No entanto, associada à escassez de água, a maioria dos produtores brasileiros não adota métodos que busquem a redução do desperdício hídrico. As iniciativas voltadas para mitigar a escassez de água têm se concentrado primordialmente no aprimoramento e no desenvolvimento da eficiência do uso da água (Marston et al., 2020). A necessidade de expandir tecnologias de irrigação mais eficientes, com o intuito de minimizar o uso e o desperdício da água, torna-se premente (Jägermeyr et al., 2015).

A disponibilidade de água é crucial para o desenvolvimento das plantas, sendo um dos fatores abióticos mais significativos para o crescimento e progresso do cafeeiro (Ribeiro et al., 2019). Em virtude do aumento da temperatura, extensão dos períodos de seca durante o verão e redução da oferta hídrica na agricultura moderna (Colodetti et al., 2020; Moreira et al., 2021), torna-se imperativo investigar técnicas agrônomicas capazes de mitigar tais impactos na produção vegetal (Silva Júnior et al., 2022).

Atualmente, um desafio significativo na otimização da produtividade das lavouras está relacionado a disponibilidade hídrica (Wu et al., 2018). Na maioria dos viveiros é comum o uso excessivo de água, o que resulta em eficiência de irrigação e crescimento de mudas insatisfatórios (Mathers; Case; Yeager, 2005). Contudo, as exigências hídricas para o cultivo de café são influenciadas, principalmente, pelo tipo de substrato/solo, condições ambientais, taxa de crescimento e ciclo da planta (Taiz et al., 2017).

Como resultado, a quantidade reduzida ou aumentada de aplicação de água constitui uma consideração crucial para a cultura, podendo exercer impactos adversos significativos no processo de crescimento, desenvolvimento e produtividade. Portanto, o excesso de disponibilidade hídrica ocasiona a diminuição das atividades radiculares, resultando na lixiviação de nutrientes solúveis, especialmente nitrogênio e potássio. Isso culmina no murchamento e queda de folhas, atrasos no desenvolvimento,

aumento da suscetibilidade a doenças do solo, distúrbios e uma diminuição geral no rendimento até senescência da planta (Liu et al., 2016).

Em contrapartida, a escassez de água intensifica a resistência estomática das folhas e, por conseguinte, diminui a taxa de transpiração, o que culmina na redução do dióxido de carbono disponível para o processo de fotossíntese (Wu et al., 2018).

Estudos acerca das respostas das plantas de café a estresses climáticos, tais como frio extremo, calor e seca, indicam uma redução na produtividade e na qualidade do café em condições de cultivo abaixo do ideal (Muslihah et al., 2020). Os grãos de arábica demonstram limitações no seu crescimento quando expostos a temperaturas fora do intervalo ideal. De acordo com o IPCC (2023), nenhuma região do globo ficará intocada pelos impactos das mudanças climáticas, com enormes custos humanos e econômicos que superam em muito os custos da ação. Desse modo continuarão a afetar os meios de subsistência, a agricultura, os sistemas hídricos e os ecossistemas, representando ameaças iminentes para o cultivo do café arábica.

Temperaturas mais elevadas representam um obstáculo significativo para a viabilidade econômica da exploração do cafeeiro, pois interferem nos processos metabólicos e de absorção na parte aérea e nas folhas. Esse fenômeno resulta em um desempenho limitado no crescimento das plantas (Sanquetta et al., 2011). Além disso, o aumento da temperatura acelera a evaporação, reduz a umidade do solo e compromete tanto a fixação de CO₂ quanto a atividade fotossintética, (Vieira et al., 2018). O café é sensível ao déficit hídrico durante o crescimento inicial, com reduções no crescimento vegetativo (Salamanca-Jimenez et al., 2017).

Pesquisas revelaram que a insuficiência hídrica provoca modificações na nutrição de nitrogênio (N) à planta, mesmo quando o N mineral está completamente disponível para absorção pelo vegetal, resultando em uma reduzida concentração de N na parte aérea. Esse fenômeno pode culminar na deficiência de N (Gonzales-Dugo et al., 2012). Deste modo, a disponibilidade hídrica pode ter um impacto significativo na produção de mudas, pois a água é essencial para adequada absorção dos nutrientes, para o metabolismo e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento saudável das plantas. Portanto, quando há escassez de água, as mudas podem sofrer estresse hídrico, afetando seu crescimento, saúde e qualidade. Por outro lado, o excesso de água também pode ser prejudicial, causando problemas como encharcamento do solo e propagação de doenças (Mascarenhas, 2021).

O nível de complexidade é dependente de vários fatores, como o tipo de planta, o sistema de cultivo utilizado (como viveiros, estufas ou recipientes individuais), o clima da região e a eficiência dos sistemas de irrigação. Geralmente, a produção de mudas requer cuidados constantes com a irrigação para garantir que as plantas recebam a quantidade adequada de água (Bondi; Lima Neto, 2011).

O volume e os turnos de regas necessários durante a produção de mudas variam de acordo com as necessidades hídricas das plantas, as condições ambientais e o estágio de desenvolvimento das mudas. Desta forma, é importante monitorar regularmente a umidade do solo e ajustar a irrigação conforme necessário para garantir que as mudas recebam a quantidade ideal de água para seu crescimento saudável (Raviv; Lieth; Bar-Tal, 2019).

3.5 Coeficiente de Cultura (Kc)

Algumas melhorias nos sistemas de gestão e produção do café, como irrigação, contribuíram significativamente para o avanço da cultura, viabilizando sua introdução em regiões previamente consideradas inadequadas para a produção de café. Além disso, a implementação da irrigação resultou em um aumento substancial na produtividade (Bonomo et al., 2008). Mesmo em áreas tradicionalmente destinadas à produção de café, a irrigação demonstra ser uma ferramenta eficaz para mitigar os impactos de secas prolongadas durante períodos críticos de demanda hídrica para o café (Lima, 2010; Vicente et al., 2015).

A mensuração da evapotranspiração das culturas (ET_c) em situações agronômicas e hídricas ideais do solo é uma ferramenta valiosa para avaliar a demanda hídrica das culturas. Esses dados são comumente empregados pelos agricultores na elaboração de estratégias para o fornecimento adequado de irrigação (Khodadadi-Dehkordi, 2020; Zinivand et al., 2020).

Para uma melhor avaliação da quantidade de água a ser aplicada, o consumo de água do café é predominantemente estimado por meio da análise de variáveis climatológicas. O coeficiente de cultura (K_c), que desempenha um papel crucial nesse processo, é determinado pela relação entre a evapotranspiração da cultura (ET_c), a qual é avaliada experimentalmente. A evapotranspiração de referência (ET_o), por sua vez, é obtida através de lisímetros ou pela utilização de modelos de simulação,

(Doorenbos; Kassan, 1979). Alternativamente, pode-se realizar adaptações no balanço hídrico do solo, conforme sugerido por Camargo e Pereira (1994).

Diversos pesquisadores já documentaram os valores do coeficiente de cultivo (K_c), evapotranspiração da cultura (ET_c) e evapotranspiração de referência (ET_o) referentes a distintas cultivares de café, diferentes estágios de desenvolvimento e diversas distâncias de plantio. Observam-se alterações significativas no comportamento da ET_c conforme a maturidade das plantas de café (Castaño-Marín et al., 2022).

Contudo, o principal obstáculo na aprimoração da eficiência hídrica na produção de café ainda reside na disponibilidade de dados locais e *in situ*, especialmente no que diz respeito ao coeficiente de cultivo (K_c) e à taxa de evapotranspiração da cultura (ET_c) (Jamshidi et al., 2020). Nesse sentido, o K_c é empregado para ajustar a ET_o em relação a fatores específicos do solo, da planta, do clima e do manejo, que não são contemplados na estimativa da ET_o (Jagtap; Jones 1989).

3.6 Recipientes

Na reprodução do cafeeiro, há vários métodos disponíveis. Como o café é predominantemente propagado por sementes, diversos fatores impactam o crescimento inicial das mudas de café e o cultivo no campo. Um desses fatores é o processo de produção de mudas, com destaque para aspectos como substrato, recipiente e qualidade das sementes utilizadas (Vallone et al., 2009). A consideração da porcentagem de germinação e da taxa de emergência de sementes de café é crucial, dada a variedade de recipientes, meios de enraizamento e suas interações (Srigandha; Kulkarni, 2021).

A importância crucial da utilização de mudas de alta qualidade é evidente no desdobramento do processo sucessório nos parques cafeeiros. O impacto direto na qualidade das mudas é determinado pelo volume fornecido pelo recipiente e pelo substrato empregado, bem como pelo manejo fitossanitário empregado durante o processo (Jaeggi et al., 2018).

Diversos são os elementos que exercem influência sobre a qualidade da muda, dentre eles, destaca-se a seleção adequada do recipiente (Santos et al., 2010). Isso porque o volume do recipiente desempenha um papel crucial na disponibilidade direta

de nutrientes e água. Vale ressaltar que volumes mais amplos favorecem uma arquitetura radicular mais eficiente (Schorn et al., 2019), o que, por conseguinte, propicia um crescimento mais otimizado da parte aérea (Freitas et al., 2022). O dimensionamento e tipo ideais do recipiente para a produção de mudas podem variar em consonância com a espécie da planta, as condições ambientais e a duração do período de cultivo (Tian et al., 2017).

A qualidade das mudas e os custos de produção podem ser influenciados pelo tipo de recipiente e suas dimensões, uma vez que a disponibilidade de nutrientes e água e, conseqüentemente, o volume e a arquitetura do sistema raiz, estão relacionados com os volumes dos recipientes (Schorn et al., 2019). Por conseguinte, as mudas de café no viveiro demandam, conforme o tipo de recipiente, irrigação regular devido à presença de uma alta concentração de raízes em um pequeno volume de substratos (Silveira et al., 2014).

Nesse ambiente restrito, o sistema radicular é forçado a se desenvolver em um volume limitado de substrato, o que pode levar ao enovelamento das raízes ou ao "estrangulamento" do crescimento natural da planta. Esse confinamento impacta a arquitetura das raízes, fazendo com que elas cresçam em círculos ou se dobrem ao redor das paredes do recipiente, em vez de se espalharem livremente. Como resultado, a absorção de nutrientes e água pode ser prejudicada, exigindo irrigação e manejo cuidadosos para garantir que as mudas recebam o que precisam para um desenvolvimento saudável, mesmo em um espaço restrito.

Entretanto, nos últimos anos, diversos países produtores de café, como o Brasil, Guatemala, El Salvador, Nicarágua e Costa Rica, têm conduzido experimentos com o uso de tubos plásticos (Trujillo, 2012). A comprovação desse método resulta na obtenção de mudas de excelente qualidade, proporcionando uma melhoria significativa na eficiência das etapas de enchimento, irrigação e transplante. Além disso, essa abordagem contribui para a redução da quantidade de insumos e dos custos de transporte do viveiro até a fazenda, em comparação com a produção de sacolas pretas de polietileno (Cisneros Zayas et al., 2022).

A fabricação de sacos plásticos requer um investimento financeiro mais modesto, é facilmente preenchida com substratos de fácil aquisição e dispensa a necessidade de mão de obra especializada. Por contrapartida, os tubetes exibem sulcos verticais que guiam o sistema radicular, prevenindo emaranhados, e contam com um orifício na parte inferior que viabiliza a poda natural das raízes pelo ar. Além

disso, possibilitam a automação dos viveiros e oferecem condições ergonômicas superiores para os trabalhadores (Hahn et al., 2006).

De acordo com Cunha et al. (2005), a dificuldade encontrada na sacola plástica convencional é o maior tempo gasto durante o plantio no campo, pois se recomenda o corte do fundo da sacola. Essa prática é utilizada para evitar problemas com pião torto e, também, permitir o livre crescimento das raízes, e ainda o corte e a retirada lateral da sacola que realizada sem cuidados provoca quebra e deformação do torrão.

Por sua vez as mudas com sacolas de TNT (Tecido Não Tecido) natural, podem ser uma alternativa para eliminar ou diminuir alguns dos problemas acima citados. Neste recipiente não é necessário o corte da parte inferior, nem da retirada dos recipientes e nem coleta da sacola plástica ou devolução dos tubetes. Com isso, evita-se a contaminação ambiental por estes materiais. A sacola de TNT pode ser uma importante ferramenta para o plantio (Nasser; Júnior; Gallo, 2010), desde que o material seja biodegradável logo após o plantio.

A produção também pode ser realizada com o uso de bandejas celulares individualizadas. Essa técnica tem sido considerada um grande avanço, uma vez que apresenta facilidade no manuseio, maior controle nutricional e fitossanitário das mudas (Furlan et al., 2007), tendo como resultado um produto de qualidade e de baixo custo. Contudo, o uso desse recipiente em mudas de café ainda é incipiente, sendo de baixa usabilidade.

Outro tipo de recipiente são os tubetes, que têm sido utilizados por cafeicultores com maior nível tecnológico, principalmente em áreas irrigadas. Em outros cultivos, são utilizados em grande escala, os mais utilizados na formação de mudas são os de 120 cm³ (Marana et al., 2008). Na ocasião do plantio no campo, com a retirada das mudas do tubete, não ocorre o risco de destorroamento, pois quando o substrato é feito de forma adequada permite que as raízes saiam bem aderidas ao torrão devido à coesão e aderência (Favarin et al., 2008). Outra vantagem é que os tubetes não são descartáveis no ambiente, pois eles retornam ao viveiro para nova produção de mudas.

As mudas mais comuns no mercado são aquelas cultivadas em embalagens plásticas de polietileno com 11 cm de largura x 18 cm de altura e 640 cm³, bem como as desenvolvidas em tubos de polietileno com altura: 14,0 centímetros, diâmetro do orifício superior: 4,7 centímetros, diâmetro do orifício inferior: 1,2 centímetros, e volume de 120 cm³ (Meneguelli et al., 2016).

Em geral, cada um desses recipientes apresenta potenciais vantagens e desvantagens, assim como requerem técnicas de produção diferentes. São comumente considerados como parâmetros comparativos para a produção de mudas em diversos recipientes apenas o crescimento e a qualidade das mudas no viveiro, desconsiderando-se, muitas vezes, o principal objetivo, que é a resposta dessas mudas quando transferidas para o plantio no campo (Abreu et al., 2015).

Assim, a busca incessante por inovações tecnológicas voltadas para o aprimoramento da produção de mudas revela-se fundamental. Isso se mostra crucial para que o progresso no setor cafeeiro proporcione uma atividade mais atrativa e lucrativa para os produtores rurais, resultando em um potencial produtivo ampliado nas plantações (Lima et al., 2021). A utilização otimizada e econômica de recipientes, juntamente com meios de crescimento do solo aprimorados, assume uma relevância significativa na obtenção de mudas de qualidade no momento adequado para o transplante (Gebisa; Gebreselassie, 2022).

3.7 Polímeros Retentores de Água

Além da administração eficiente da água, uma das possíveis estratégias para aprimorar a utilização dos recursos hídricos é a aplicação de polímeros hidrorretentores (Silva et al., 2019). Os hidrogéis superabsorventes representam matrizes tridimensionais (3D) compostas por polímeros hidrofílicos lineares ou ramificados. A estrutura da rede de polímeros de hidrogel permite o aumento de volume e a retenção da quantidade específica de água dentro de sua matriz, sem, no entanto, dissolver-se na água (Maitra; Shukla, 2014).

A capacidade de absorção de água dos hidrogéis é derivada dos grupos funcionais hidrofílicos presentes no polímero, enquanto sua resistência à dissolução na água resulta da reticulação das cadeias da rede polimérica (Ahmed, 2015). Os polímeros hidrorretentores no solo desempenham um papel significativo como condicionadores de solo, promovendo o crescimento das plantas ao fornecer água, quando carregados com nutrientes que serão gradualmente liberados, bem como manter periodicamente o conteúdo de água disponível (Rengasamy, 2010).

Esses materiais têm uma função crucial no estímulo ao desenvolvimento das plantas, ao criar um ambiente altamente úmidp, otimizando a absorção de água e liberando gradualmente os nutrientes. A notável característica de liberação lenta dos

nutrientes é uma característica distintiva dos hidrogéis utilizados no solo, permitindo a disponibilização gradual de nutrientes valiosos a partir do hidrogel. Isso, por sua vez, possibilita que as plantas aproveitem esses nutrientes ao longo de um período mais extenso (Azeem et al., 2023).

Polímeros hidrofílicos apresentam considerável potencial no contexto da restauração e recuperação do solo, uma vez que desempenham um papel significativo na influência da permeabilidade, densidade, estrutura, textura, taxa de evaporação e infiltração da água no solo. Quando administrados adequadamente, esses hidrogéis conseguem reter aproximadamente 95% da água absorvida, tornando-a disponível para a absorção pelas plantas (Al-Jabari; Ghyadah; Alokely, 2019).

Essa função é de especial importância durante as estações secas, uma vez que o hidrogel preserva a umidade do solo em regiões com restrição hídrica e supre a água requerida pelo sistema radicular da planta. A eficácia dessa tecnologia revela-se particularmente adequada para agricultores que praticam o cultivo de culturas em regiões com disponibilidade limitada de água e dependência de chuvas (Mote; Gokavi, 2020).

O emprego dos polímeros proporciona um incremento na germinação, uma vez que atua como um eficiente estimulante criando condições para superação da dormência. Esses materiais são superabsorventes, capazes de favorecer a germinação das sementes, o desenvolvimento radicular e o crescimento das plantas. Além disso, ao perderem água, os hidrogéis contribuem para a melhoria da aeração e drenagem do solo, minimizando as perdas de nutrientes (Meena et al., 2022).

O emprego de polímeros retentores de água aprimora o rendimento das plantas, proporcionando condições mais propícias em termos morfológicos e anatômicos para a execução de processos fisiológicos mais eficientes, independentemente da disponibilidade hídrica (Castanheira et al., 2019). Souza et al. (2016) constataram um aumento significativo no crescimento das plantas após o tratamento do solo com polímeros retentores de água, em comparação com a ausência destes.

3.7.1 Retenção e Liberação de Água no Hidrogel

(i) Os grupos hidrofílicos, tais como acrilamida, ácido acrílico, acrilato, ácido carboxílico, entre outros, presentes na cadeia polimérica, desempenham a função de promover a absorção de água em um hidrogel (Patra et al., 2022).

(ii) Quando os polímeros entram em contato com a água, ocorre a penetração desta no sistema de hidrogel por osmose, provocando a reação dos átomos de hidrogênio que são liberados como íons positivos (Patra et al., 2022).

(iii) Esse processo gera múltiplos íons negativos ao longo da cadeia polimérica. Tais cargas negativas atuam repelindo-se, induzindo o desenrolar e a abertura da cadeia polimérica (Figura 2), ao mesmo tempo que atraem moléculas de água, estabelecendo ligações de hidrogênio (Kalhapure et al., 2016).

(IV) No decorrer desse processo, o hidrogel tem a capacidade de absorver quantidades de água entre 400-1500 vezes o seu peso seco, atuando como um reservatório de água em miniatura. Quando a zona radicular do entorno começa a secar, o hidrogel gradativamente libera até 95% de sua água armazenada para a absorção pela planta (Johnson; Veltkamp, 1985).

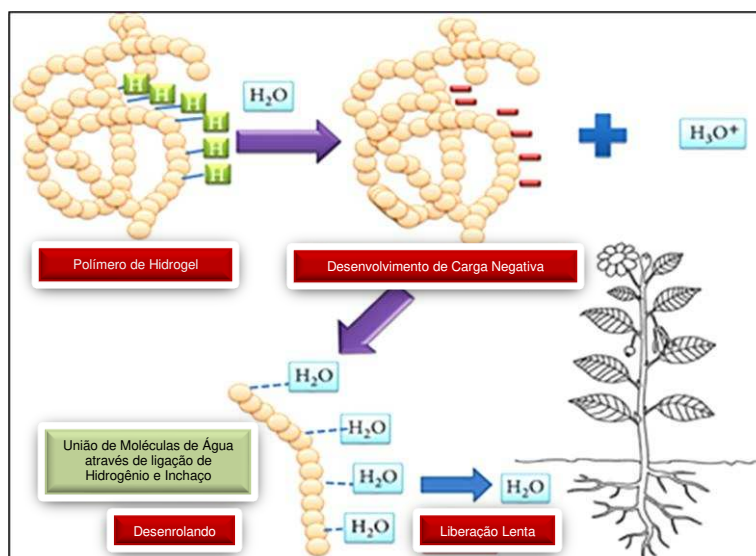
(v) Sob exposição à condição de reumedecimento, inicia-se o processo de reidratação, perpetuando a continuidade do armazenamento de água (Patra et al., 2022).

(vi) Esse polímero possui a capacidade de incrementar a retenção de água no solo, facilitando uma maior absorção de água e promovendo eficiência no uso desse recurso. Dessa forma, contribui para mitigar o estresse hídrico das plantas, promovendo o crescimento e o rendimento das culturas (Patra et al., 2022).

(vii) Esses hidrogéis experimentam transição de volume em resposta a estímulos físicos e químicos, sendo influenciados pelas condições ambientais predominantes (Ahmed, 2015).

(viii) Os hidrogéis são biodegradáveis, decompondo-se no solo após um período de 2 a 5 anos, sem alterar as propriedades físico-químicas do solo (Patra et al., 2022).

Figura 2 – Atuação do hidrogel quando em contato com a água e o solo



Fonte: Adaptado de Patra et al. (2022).

O hidrogel, para uso agrícola, pode ser classificado em três tipos distintos: (i) hidrogel natural, (ii) hidrogel semiartificial e (iii) hidrogel artificial (Mikkelsen, 1999). No contexto dos hidrogéis sintéticos ou artificiais à base de petróleo disponíveis no mercado, sua categorização principal se baseia em três tipos distintos, determinados pela composição química e configuração (Patra et al., 2022):

- (i) Polímeros de enxerto de amido-poliacrilonitrila (copolímeros de amido)
- (ii) Copolímeros de álcool vinílico-ácido acrílico (álcoois polivinílicos)
- (iii) Copolímeros de acrilamida acrilato de sódio (poliacrilamidas reticuladas)

Alguns polímeros podem ser derivados de petróleo, e os mesmos, apresentam alta taxa de absorção de água, porém com lenta degradação, favorecendo efeitos adversos negativos ao ambiente e até mesmo ao crescimento das plantas (Chang et al., 2021). Outra desvantagem dos polímeros derivados de petróleo é a redução do potencial matricial do solo. Embora esses polímeros consigam reter água, ela não fica facilmente disponível para as plantas (Rodrigues et al., 2023; Araújo et al., 2024).

Em outro caso, os polímeros naturais é o UPDT®, composto por amido-g-poli2-propenamida-co-2-ácido propenóico-sal de potássio, que surge como uma tecnologia recente, sustentável e promissora, uma vez que sua degradação melhora condições de solo. Produto de marca registrada da UPL Brasil registrado para uso em plantas em sua fase inicial (BRASILBOR, 2019). Entretanto, maiores estudos devem ser realizados para validação do uso do UPDT na agricultura. Por meio de pesquisas será possível obter esclarecimentos a respeito da capacidade de retenção, da melhor dose

para produção de mudas de café e do tempo de biodegradação no solo. Percebe-se também que informações a respeito da interação do uso desses polímeros hidroabsorventes com frequências de irrigação será importante para promover o crescimento e desenvolvimento de mudas de cafeeiro, aumentando assim sua qualidade, além de facilitar o manejo hídrico durante a produção de mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. Notícias. **Indicadores da Indústria de Café. 2023**. Disponível em: <https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2023/>. Acesso em: 23 mai. 2024.

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; FERREIRA, D. H. A. A.; MONTEIRO, F. A. S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2014. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v45i1.28931>

AGÊNCIA MINAS. Certifica **Minas Café garante a qualidade da produção de mais de 900 cafeicultores em 2023**. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/certifica-minas-cafe-garante-a-qualidade-da-producao-de-mais-de-900-cafeicultores-em-2023>. Acesso em: 14 abr. 2024.

AHMED, E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. **Journal of Advanced Research**, v. 6, n. 2, p. 105-121, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.

AJEMA, L.; BERECHA, G.; KUFA, T. Effects of Pot Sizes and Biochar Base Media Composition on Nutrient Uptake of Coffee (*Coffea arabica* L.) Seedlings in South Ethiopia. **World Journal of Agriculture and Soil Science**, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2022. <http://dx.doi.org/10.33552/WJASS.2022.08.000678>.

AL-JABARI, M.; GHYADAH, R. A.; ALOKELY, R. Recovery of hydrogel from baby diaper wastes and its application for enhancing soil irrigation management. **Journal of Environmental Management**, v. 239, p. 255-261, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.087>.

ALEMAN, C. C.; CAMPOS, F. B.; MANTOVANI, E. C. Ferramentas de precisão para manejo de irrigação de mudas de tomate. **Bioscience Journal** [online], v. 36, n. 2, p. 421-428, 2020. <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n2a2020-43252>.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiração de culturas - Diretrizes para calcular as necessidades de água das culturas** - Documento de irrigação e drenagem da FAO 56. FAO, Roma, 1998.

ALIXANDRE, F. T.; LOPES, J. C.; FERREIRA, A.; ALEXANDRE, R. S.; LIMA, P. A. M.; GUARÇONI, R. C.; KROLING, C. A.; DIAS, R. S.; FAVARATTO, L. F.; ALIXANDRE, R. D.; FORNAZIER, M. J. Physiological quality of seeds from traditional and new recommended groups of Arabic coffee cultivars to highland regions. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 8, n. 7, 2021. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.87.13>.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARAUJO, E. D.; ASSIS, M. O.; GUIMARAES, C. M.; ARAUJO, E. F.; BORGES, A. C.; CUNHA, F. F. Superabsorbent polymers and sanitary sewage change water availability during the cowpea emergence phase. **Nativa**, v. 12, p. 37-48, 2024. <https://10.31413/nat.v12i1.16922>

AYANA, G.; ABDO, A.; MERINE, Y.; JOBIE, T.; BEKELE, A.; MEKONNEN, D.; ESHETE, M. Plant variety release. **Protection and seed quality control directorate**. 2016.

AZEEM, M. K.; ISLAM, A.; KHAN, R. U.; RASOOL, A.; QURESHI, M. A. U. R.; RIZWAN, M.; SHER, F.; RASHEED. Eco-friendly three-dimensional hydrogels for sustainable agricultural applications: Current and future scenarios. **Polymers for Advanced Technologies**, p. 1-17, 2023. <https://doi.org/10.1002/pat.6122>.

BASF. **Quanto de água o café precisa?** Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivos-e-sementes/cafe/Quanto-de-agua-o-cafe-pre-cisa>. Acesso em: 06 out. 2024.

BATISTA, L. A.; BATISTA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; PEREIRA, F. J.; CARVALHO, G. R.; CASTRO, E. M. D. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300022>

BAITELLE, D. C.; FREITAS, S. de J.; VIEIRA, K. M.; MENEGHELLI, C. M.; VERDIN-FILHO, A. C.; BARONI, D. F.; PONCIANO, N. J. Feasibility and economic risk of programmed pruning cycle in arabic coffee. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 21, n. 4, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/39621>

BELAN, L. L.; DE JESUS JUNIOR, W. C.; DE SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; FILHO, J. C.; BARBOSA, D. H. S. G.; MORAES, W. B. Management of coffee leaf rust in *Coffea canephora* based on disease monitoring reduces fungicide use and management cost. **European Journal of Plant Pathology**, v. 156, p. 683-694, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01917-6>

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L. F. C.; SILVEIRA NETO, A. N.; BONOMO, P. Irrigated arabica coffee tree productivity in the cerrado area of the Goias state, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 233-240, 2008.

BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. Pesquisas em arborização de ruas. **Curitiba: O Autor**, p. 155-168, 2011.

BRASILBOR. **Polímero Vegetal, UPDT®**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.brasilbor.com.br/produto/updt/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. Agrometeorology of coffee crop. **Geneva: World Meteorological Organization**, 1994, 92 p.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.

CARVALHO, X. H. S. de. **Cultivares de café**. In: Carlos Henrique Siqueira de Carvalho. (Ed.) Brasília: EMBRAPA, 2007. 247 p.

CARVALHO, D. B. D.; CARVALHO, R. I. N. D. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma sob influência do envelhecimento acelerado e da luz. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 489-494, 2009. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.585>.

CASTANHEIRA, D. T.; BARCELOS, T. R.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, M. A. D. F.; REZENDE, T. T.; BASTOS, I. D. S.; CRUVINEL, A. H. Agronomic techniques for mitigating the effects of water restriction on coffee crops. **Coffee Science**, v. 14, n. 1, p. 104-115, 2019. <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i1>.

CASTAÑO-MARÍN, A. M.; RIAÑO-HERRERA, N. M.; GÓEZ-VINASCO, G. A.; GARCÍA-LÓPEZ, J. C.; FIGUEROA-CASAS, R. Evapotranspiration and crop coefficients for coffee production systems in Colombia using the eddy covariance method. **Agronomy Journal**, v. 114, n. 1, p. 678-688, 2022. <https://doi.org/10.1002/agj2.20960>.

CHANG, L.; XU, L.; LIU, Y.; QIU, D. Superabsorbent polymers used for agricultural water retention. **Polymer Testing**, v. 94, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.107021>

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. **Annals of Botany, Oxford**, v. 89, n. 7, p. 907-916, 2002. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf105>.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany, Oxford**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>.

CHOI, H.; PARK, J.; LEE, J. Sustainable Bio-Based Superabsorbent Polymer: Poly (itaconic acid) with Superior Swelling Properties. **ACS Applied Polymer Materials**, v. 4, n. 6, p. 4098-4108, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1021/acscapm.2c00021>.

CISNEROS ZAYAS, E.; SÁNCHEZ ESMORIS, C.; ORTIZ ARBOLAES, A.; PÉREZ SALINA, V.; GONZÁLEZ-ROBAINA, F. Irrigation Management for Coffee Seedling Production in Technified Nurseries. **Revista Ciências Técnicas Agropecuarias**, [S. l.], v. 4, 2022.

COELHO, A. P. de F. D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2024. **Conservação de sementes de café arábica tratadas com óleos essenciais**. Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientadores: Roberto Fontes Araujo, Marcelo Ribeiro de Freitas e Antônio Policarpo Carneiro.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; CAVATTE, P. C.; DOS REIS, E. F.; VERDIN FILHO, A. C.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; CHRISTO, B. F.; ANDRADE, S. de; TOMAZ, M. A. Managing the number of orthotropic stems in *Coffea arabica* as strategy for cultivation at low-altitude regions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 3, p. 447-454, 2020. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.121095698833494>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café: Safra 2023**, 1º levantamento, Brasília, DF, v.10, n. 1, jan 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 06 jan. 2023.

CRUZ, G. H. M.; CUNHA, F. F.; SOUZA, E. J.; SILVA, A. J.; FILGUEIRAS, R.; SILVA, F.C.S. Irrigation frequency and vermiculite proportion in substrate for *Eucalyptus grandis* seedling. **Semina-Ciências Agrárias**, v. 41, n. 5, p. 1495-1506, 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5p1495>

CORREIA, C. C. S. A.; DA CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; DA SILVA, D. J. H.; DIAS, S. H. B.; DE SOUSA FERREIRA, T. Irrigation of arugula cultivars in the region of Zona da Mata Mineira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 1101-1114, 2019. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n3p1101>

CUSTÓDIO, A. A. P.; POZZA, E. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; SOUZA, P. E.; LIMA, L. A.; SILVA, A. M. Effect of Center-pivot irrigation in the rust and brown eye spot of Coffee. **Plant Disease**, Saint Paul, v.98, n.7, p.943-947, 2014. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-13-0801-RE>

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400002>

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M. D.; DIAS, R. E. B. A. Feasibility and economic risk of programmed pruning cycle in arabic coffee. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 21, n. 4, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/39621>

DAMATTA, F. M.; RAHN, E.; LÄDERACH, P.; GHINI, R.; RAMALHO, J. C. Why could the coffee crop endure climate change and global warming to a greater extent than previously estimated? **Climatic Change**, v. 152, p. 167-178, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2346-4>

DEMILLY, D.; DUCORNAU, S.; WAGNER, M. H.; DÜRR, C. **Imagem digital da germinação de sementes**. Análise de imagens de plantas: fundamentos e aplicações, v.1, p.147-164, 2014.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979, 193 p.

DUMROESE, R. K.; LANDIS, T. D.; PINTO, J. R.; HAASE, D. L.; WILKINSON, K. W.; DAVIS, A. S. Meeting forest restoration challenges: Using the target plant concept. **Reforesta**, v. 1, p. 37–52, 2016. <https://doi.org/10.21750/REFOR.1.03.3>

FAO. **Inclusive and sustainable territories and landscapes platform**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/noticias/detalle/en/c/1411506/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

FAROOQ, M. S. M. A.; BASRA, S. M. A.; SALEEM, B. A.; NAFEES, M.; CHISHTI, S. A. Enhancement of tomato seed germination and seedling vigor by osmopriming. **Pak. Journal Agricultural Science**, v.42, p.3-4, 2005.

FAVARIN, J. L.; FAVARIN JUNIOR, J. L.; REIS, A. R.; CAMARGO, F. T. Metodologia para estimar a qualidade do conjunto muda x substrato do cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.34-38, jan/fev, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100006>

FEKEDE, G. T.; GOSA, A. G. Oportunidades e restrições da produção de café em West Hararghe, Etiópia. **Journal Agricultural Economia Rural Development**, v.2, p.54–59, 2015.

FISCHER, H. W.; REDDY, N. L. N.; RAO, M. L. S. Can more drought resistant crops promote more climate secure agriculture? Prospects and challenges of millet cultivation in Ananthapur, Andhra Pradesh. **World Development Perspectives**, v. 2, p. 5–10, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2016.06.005>.

FILETTO, F.; ALENCAR, E. Introdução e expansão do café na região Sul de Minas Gerais. **Revista de administração da UFLA**. v. 3, n. 1, 2001. <http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/278>

FRANZIN, M.L.; MOREIRA, C.C.; SILVA, L.N.P.; MARTINS, E.F.; FADINI, M.A.M.; PALLINI, A.; ELLIOT, S.L.; VENZON, M. Metarhizium associated with coffee seedling roots: Positive effects on plant growth and protection against *Leucoptera coffeella*. **Agriculture**, v.12, p.2030, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122030>

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. DA.; CARNEIRO, P. C. DE S.; SILVA, M. F. da. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61–69, jan. 2008. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122030>

FREITAS, T. A. S. D.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA, L. S.; DIAS, C. N.; QUINTELA, M. P. Qualidades de mudas de Myracrodruon urundeuva Fr. All. conduzidas sob diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 19–42, jan. 2022. <https://doi.org/10.5902/1980509837445>

FURLAN, F.; DE MENDONÇA COSTA, M. S. S.; DE MENDONÇA COSTA, L. A.; MARINI, D.; CASTOLDI, G.; DE SOUZA, J. H.; PIVETTA, L. A. Substratos alternativos para produção de mudas de couve folha em sistema orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v.2, n.2, 2007.

GARCIA, F. H. S.; MATUTE, A. F. M.; SILVA, L. C. DA; SANTOS, H. R. B.; BOTELHO, D. DOS S.; RODRIGUES, M.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Physiological analysis in coffee seedlings showing brown eye spot under different irrigation levels. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.1, p.83–88, jan. 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/185711>.

GRINBERG, L.; OLIVEIRA, J. G. R. **A saga dos cafeicultores no Sul de Minas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2007. 151p.

GEBISA, L. A.; GEBRESELASSIE, H. Study on coffee (*Coffea arabica* L.) seed emergence and seedling growth rate response to different sizes of pot and biochar based rooting media preparation at a nursery condition of awada south ethiopia. **Journal of Agronomy & Agricultural Science**, v.5, n.033, v.4, p.2, 2022 <https://doi.org/10.24966/AAS-8292/100033>

GUERREIRO FILHO, O.; MAZZAFERA, P. Caffeine and Resistance of Coffee to the Berry Borer Hypothenemus hampei (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.24, p.6987-6991, 2003. <https://doi.org/10.1021/jf0347968>

GUIMARÃES, R. J.; BORÉM, F. M.; SHULER, J.; FARAH, A.; ROMERO, J. C. P. Coffee growing and post-harvest processing. In: FARAH, A. (Org.). **Coffee: Production, quality and chemistry. Royal Society of Chemistry**, p.26-88, 2019. <https://doi.org/10.1039/9781782620044-00026>

GONZALEZ-DUGO, V.; DURAND, J. L.; GASTAL, F.; BARIAC, T.; POINCHEVAL, J. Restricted root-to-shoot translocation and decreased sink size are responsible for limited nitrogen uptake in three grass species under water deficit. **Environmental and Experimental Botany**, v. 75, p. 258-267, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.07.009>.

HAHN, C. M.; OLIVEIRA, C.; AMARAL, E. M.; RODRIGUES, M. S.; SOARES, P. V. **Recuperação florestal: da semente à muda**. São Paulo, SP: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, 2006. 144 p.

INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados climáticos da Estação de Viçosa (A510)**. Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia, 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 09 jan. 2023.

IPCC. **Mudanças Climáticas: veja 5 grandes resultados do relatório do IPCC, 2023**. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/noticias/mudancas-climaticas-alar-mantes-veja-5-grandes-resultados-do-relatorio-do-ipcc?gad_source=1&gclid=CjwK-CAjw_e2wBhAEEiwAyFFFox9CybwkDkcy_1AHpWprxjTsCVgLjqJ6DLJEb_MfclQE-TrrQ3KmEChoClokQAvD_BwE&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=Clima&utm_content=Mudancas_climaticas_alar-mantes_veja_5_grandes_re-sultados_do_relatorio_do_IPCC&utm_term=ipcc. Acesso em: 14 abr. 2024.

JAEGGI, M. E. P.; SALUCI, J. C. G.; RODRIGUES, R. R.; DE AMARAL GRAVINA, G.; DE LIMA, W. L. Alternative substrates in different containers for production of conilon coffee seedlings. **Coffee Science**, v. 13, n. 1, p. 80-89, 2018. <https://doi.org/10.25186/cs.v13i1.1382>.

JÄGERMEYR, J.; GERTEN, D.; HEINKE, J.; SCHAPHOFF, S.; KUMMU, M.; LUCHT, W. Water savings potentials of irrigation systems: global simulation of processes and linkages. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, p. 3073-3091, 2015. <https://doi.org/10.5194/hess-19-3073-2015>.

JOHNSON, M. S.; VELTKAMP, C. J. Structure and functioning of water-storing agricultural polyacrylamides. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 36, n. 9, p. 789-793, 1985. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740360905>

JAMSHIDI, S.; ZAND-PARSA, S.; KAMGAR-HAGHIGHI, A. A.; SHAHSAVAR, A. R.; NIYOGI, D. Evapotranspiration, crop coefficients, and physiological responses of citrus trees in semi-arid climatic conditions. **Agricultural Water Management**, v. 227, p. 105838, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105838>

JAGTAP, S. S.; JONES, J. W. Stability of crop coefficients under different climate and irrigation management practices. **Irrigation Science**, v. 10, p. 231-244, 1989. <https://doi.org/10.1007/BF00257955>

KALHAPURE, A.; KUMAR, R.; SINGH, V. P.; PANDEY, D. S. Hydrogels: a boon for increasing agricultural productivity in water-stressed environment. **Current Science**, v. 111, n. 11, p. 1773-1779, 2016. <https://www.jstor.org/stable/24911537>

KHODADADI-DEHKORDI, D. The effect of different irrigation treatments on yield and water productivity of *Arachis Hypogaea* L. under semi-arid conditions in Iran. **Irrigation and Drainage**, v. 69, n. 4, p. 646-657, 2020. <https://doi.org/10.1002/ird.2461>

LABOURIAU, L. G. **Uma nova linha de pesquisa na fisiologia da germinação das sementes**. In: Anais do XXXIV Congresso Nacional de Botânica. Porto Alegre: SBB, 1983. p. 11-50.

LANDIS, T. D.; LUNA, T.; DUMROESE, R. K. Containers. In: WILKINSON, K. M.; LANDIS, T. D.; HAASE, D. L.; DALEY, B. F.; DUMROESE, R. K. (Eds.). *Tropical Nursery Manual: A Guide to Starting and Operating a Nursery for Native and Traditional Plants*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, **Forest Service**, 2014. p. 122-139.

LIMA, A. E. DE; GUIMARÃES, R. J.; CUNHA, S. H. B. DA; CASTRO, E. DE M.; CARVALHO, A. M. DE; FARIA, M. M. L. Seedling production of *Coffea arabica* from different cultivars in a modified hydroponic system and nursery using different containers. **Science and Agrothechnology**, v. 45, e017821, 2012. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145017821>.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Coffee yield and yield in the first five seasons irrigated by center pivot in Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1832-1842, 2010. <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i3>

LIU, X.; LI, F.; ZHANG, Y.; YANG, Q. Effects of deficit irrigation on yield and nutritional quality of Arabica coffee (*Coffea arabica*) under different N rates in dry and hot region of Southwest China. **Agricultural Water Management**, v. 172, p. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.007>.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P.; KAINUMA, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 39-45, jan./fev. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100007>

MAITRA, J.; SHUKLA, V. K. Cross-linking in hydrogels: a review. **American Journal of Polymer Science**, v. 4, n. 2, p. 25-31, 2014. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20140402.01>.

MARSTON, L. T.; LAMSAL, G.; ANCONA, Z. H.; CALDWELL, P.; RICHTER, B. D.; RUDELLE, B. L.; RUSHFORTH, R. R.; DAVIS, K. F. Reducing water scarcity by improving water productivity in the United States. **Environmental Research Letters**, v. 15, p. 094033, 2020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9d39>.

MARTINEZ, H. E. P.; BOHORQUEZ, C. A. A.; CECON, P. R. Eficiência de absorção, translocação e utilização de nitrogênio pelo café sob estresse hídrico. **Acta Scientiarum**. Agronomia, v. 46, n. 1, p. e62923-e62923, 2024.

MASCARENHAS, L. S. **Uso de inoculantes microbiológicos para otimização do crescimento e desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar cultivadas sob déficit hídrico**. 2021. 98f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

MEENA, C. B.; PILANIA, S.; SINGH, V.; JAT, G.; SUROLIA, D. K.; BAIRWA, H. L.; KUMARI, M.; SINGH, R. Effect of Ball Culture in Seed Germination of Ridge Gourd. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 41, n. 32, p. 16-20, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/cjast%2F2022%2Fv41i3231815>. Acesso em: 28 jul. 2024.

MELESE, Y. Y.; KOLECH, S. A. Coffee (*Coffea arabica* L.): Methods, objectives, and future strategies of breeding in Ethiopia. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10814, 2021. <https://doi.org/10.3390/su131910814>.

MENEGHELLI, C. M.; LO MONACO, P. A. V.; HADDAD, I. R.; MENEGHELLI, L. A. M.; KRAUSE, M. R. Residue of the drying of coffee beans as an alternative substrate in Conilon coffee plants. **Coffee Science**, v. 11, n. 3, p. 330-335, 2016.

MIKKELSEN, R. L. Using hydrophilic polymers to control nutrient release. **Fertilizer Research**, v. 38, n. 1, p. 53–59, 1999.

MOREIRA, T. R.; PEREIRA, L. L. O aquecimento global e os efeitos das mudanças climáticas na produção de café. *In*: PEREIRA, L. L.; MOREIRA, T. R. Determinantes da qualidade na produção de café. Série de Engenharia de Alimentos, Springer, Ed. 1, 2021.

MOTE, K.; GOKAVI, N. Performance of hydrogel on post planting behavior of young coffee cv. CXR. **Journal of Crop and Weed**, v. 16, n. 2, p. 197-203, 2020. <https://doi.org/10.22271/09746315.2020.v16.i2.1337>.

MUÑOZ-PAJARES, A. J.; VÁRZEA, V.; SILVA, M. do C. The story of coffee: legend and truth. **Trends in Plant Science**, v. 28, n. 5, p. 201–504, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.02.012>.

MUSLIHAH, I. N.; KARUNIASA, M.; HERAWATI, T. The impact of climate change on arabica suitability area and opportunities to reduce vulnerability. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 2020. p. 012078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012078>.

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, p. 661-672, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>.

NASSER, M. D.; JÚNIOR, S. L.; GALLO, P. B. Qualidade de mudas de *Coffea arabica* L. produzidas em sacola plástica convencional, tubete e TNT. **Omnia Exatas**, Adamantina, v. 3, n. 2, p. 7-12, 2010.

OIC. **Organização Internacional do Café**. 2022. Disponível em: http://www.ico.org/trade_statistic.asp. Acessado em: 09 jan. 2024.

PEREIRA, P.V. **Dinâmica microbiana e aspectos físicos e químicos de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) cultivado em diferentes ambientes e processado por via natural**. 2018. 25p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES, 2018.

PHILIPPE, L.; BENOÍT, B.; HERVÉ, E. Melhoramento do café (*Coffea arabica*) para produção sustentável. Melhoramento de plantações arbóreas: **Espécies tropicais**, p. 525-543, 2009.

PRIMACK, R. B. Variation in the Phenology of Natural Populations of Montane Shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, p. 849-862, 1980. <https://doi.org/10.2307/2259460>.

RAVIV, M.; LIETH, J. H; BAR-TAL, Asher (Ed.). Soiless culture: Theory and practice: Theory and practice. **Elsevier**, 2019.

RENGASAMY, P. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. **Functional Plant Biology**, v. 37, n. 7, p. 613-620, 2010. <https://doi.org/10.1071/FP09249>.

RIBEIRO, W. R.; CAPELINI, V. A.; FERREIRA, D. S.; GONÇALVES, M. S.; DOS REIS, E. F. Crescimento do cafeeiro conilon cultivar “ES 8122-Jequitibá” em função da fração de água transpirável no solo. **IRRIGA**, v. 24, n. 3, p. 512-526, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p512-526>

ROCHMAH, H. F.; WACHJAR, A.; SULISTYONO, E. The Growth of Arabica Coffee Seedling (*Coffea arabica* Linn.) on Various Watering Time Intervals and Shade Intensities. **Asian Journal of Applied Sciences**, v. 3, n. 5, p. 485-491, 2015.

RODRIGUES, P. E. C.; SWAROWSKY, A.; BRUM, M. L.; MARTINS, J. D.; BACKES, F. A. L.; MEZZOMO, W.; MENEGAES, J. F. Uso do hidrogel frente as características químicas e físicas de um substrato para o cultivo de plantas ornamentais. **Ensaio e Ciência**, v. 27, n. 4, p. 490-495, 2023. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2023v27n4p490-495>

SALAMANCA-JIMENEZ, A.; DOANE, T. A.; HORWATH, W. R. Coffee response to nitrogen and soil water content during the early growth stage. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Hoboken, v. 180, n. 5, p. 625-626, 2017. <https://doi.org/10.1002/jpln.201600601>

SAMOGGIA, A.; RIEDEL, B. Coffee consumption and purchasing behavior review: Insights for further research. **Appetite**, v. 129, p. 70-81, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.07.002>.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; DA SILVA, F. Biomass expansion factor and root-to-shoot ratio for Pinus in Brazil. **Carbon Balance and Management**, v. 6, p. 1-8, 2011. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-6-6>.

SANTOS, F. C. B.; DE OLIVEIRA, T. K.; LESSA, L. S.; DE OLIVEIRA, T. C.; DA LUZ, S. A Produção de mudas de cupuaçuzeiro em diferentes substratos e tubetes. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 22, n. 3/4, p. 185-190, jul./dez. 2010. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/879707>.

SOUZA, A. M. D. S.; DA CUNHA, F. F.; FACCIOLI, G. G.; SANTANA, F. S.; SANTOS, K. V. Lettuce Fertigation with Domestic Effluent Treated with Orange Pomace Biochar. **Água**, v. 14, n. 20, p. 3272, 2022. <https://doi.org/10.3390/w1420327>.

PATRA, S. K.; PODDAR, R.; BRESTIC, M.; ACHARJEE, P. U.; BHATTACHARYA, P.; SENGUPTA, S.; PAL, P.; BAM, B.; BISWAS, B.; BAREK, V.; ONDRISIK, P.; SKALICKY, M.; HOSSAIN, A. Prospects of Hydrogels in Agriculture for Enhancing Crop and Water Productivity under Water Deficit Condition. **International Journal of Polymer Science**, v. 2022, p. 1-15, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4914836>..

SCHORN, L. A.; PANDINI, G.; BITTENCOURT, R.; FENILLI, T. A. B. Definição de idades ótimas para expedição de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em função de sua qualidade e volume de recipientes. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 32, n. 4, p. 19-27, dez. 2019. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n4p19>

SINGH, R.; KUMARI, M.; BAIRWA, H. L.; SUROLIA, D. K.; JAT, G.; SINGH, V.; PILLANIA, S.; MEENA, C. B. Effect of Ball Culture in Seed Germination of Ridge Gourd. **Current Journal of Applied Science and Technology**, p. 16-20, 2022. <https://doi.org/10.9734/cjast%2F2022%2Fv41i3231815>

SILVA, W. R. D.; SALOMÃO, L. C.; PEREIRA, D. R.; DE OLIVEIRA, H. F.; PEREIRA, A. I. D. A.; CANTUÁRIO, F. S. Níveis de irrigação e uso de polímero hidroretentor na produção de alface em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 406-412. 2019.

SILVA JÚNIOR, J. G. da; PIN, I. P.; FERREIRA, D. S.; CASTANHEIRA, D. T. Desempenho inicial de cafeeiros com diferentes manejos de adubação e irrigação. **Ciência do Café**, v. 17, p. e171981-e171981, 2022.

SILVA, J. DOS S.; DA SILVA, A. F.; VIEIRA, R. P. H.; PARRELLA, N. N. L. D. Vermiculite in the initial development of coffee seedlings in different containers. **Scientific**

Electronic Archives, v. 16, n. 12, p. 12-18, 2023.
<https://doi.org/10.36560/161220231836>

SILVEIRA, H. R. D. O.; SANTOS, M. D. O.; ALVES, J. D.; SOUZA, K. R. D. D.; ANDRADE, C. A.; ALVES, R. G. M. Growth Effects of Water Excess on Coffee Seedlings (*Coffea Arabica* L.). **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 36, n. 2, p. 211-218, 2014. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i2.17557>

SOUZA, A. J. D. J.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SANT'ANA, J. A. D. V.; CASTANHEIRA, D. T. Quantitative analysis of growth in coffee plants cultivated with a water-retaining polymer in an irrigated system. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 1, p. 162-171, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160019>

SOUZA, T. L.; DE OLIVEIRA, D. P.; SANTOS, C. F.; REIS, T. H. P.; CABRAL, J. P. C.; DA SILVA RESENDE, É. R.; FERNANDES, T. J.; SOUZA, T. R. DE; BUILES, V. R.; GUELFÍ, N. Nitrogen fertilizer technologies: Opportunities to improve nutrient use efficiency towards sustainable coffee production systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 345, p. 108317, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108317>

SRIGANDHA, D. D.; KULKARNI, S. Study on germination percentage of coffee (*Coffea Arabica* CV. Chandragiri) seeds grown in portray and raised bed using different rooting media in primary nursery. **Annals of Horticulture**, v. 14, n. 1, p. 14-16, 2021. <https://doi.org/10.5958/0976-4623.2021.00003.7>

STEFFEN, W.; RICE, M.; HUGHES, L.; DEAN, A. **The good, the bad and the ugly: limiting temperature rise to 1.5 C**, Climate Council, 2018, 20 p.

SOUZA, A. G. C.; RODRIGUES, F. A.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Infection process of *Cercospora coffeicola* on coffee leaf. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 159, n. 1, p. 6-11, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01710.x>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPH, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TESFAYE, S. G.; RAZI, I. M.; MAZIAH, M. Effects of deficit irrigation and partial root-zone drying on growth, dry matter partitioning and water use efficiency in young coffee (*Coffea Arabica* L.) plants. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 6, n. 384, p. 312-317, 2008.

TESHALE, E.; KUFA OBSO, T.; REGASSA, A. Effects of lime and phosphorus rates on growth of hybrid Arabica coffee seedlings at Jimma, southwest Ethiopia. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 9, n. 15, p. 37-4, 2019. <https://doi.org/10.7176/jbah/9-15-04>

TIAN, N.; FANG, S.; YANG, W.; SHANG, X.; FU, X. Influence of container type and growth medium on seedling growth and root morphology of *Cyclocarya paliurus* during nursery culture. **Florestas**, v. 8, n. 10, p. 387, 2017. <https://doi.org/10.3390/f8100387>

TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JÚNIOR, W. C. Produção de mudas de qualidade: base para a sustentabilidade da

lavoura cafeeira. *In*: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JÚNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. (Org.). *Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura*. Alegre: CAUFES. 2012, 73 p.

THOMAS, B. R.; SCHREIBER, S. G.; KAMELCHUK, D. P. Impact of planting container type on growth and survival of three hybrid poplar clones in Central Alberta. **Canada New Forests**, v. 47, p. 815-827. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11056-016-9546-4>

TRUJILLO, E. **Aspectos económicos y financieros en plantaciones forestales**. Bogotá, Colombia, 2012, 24 p.

VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S.; DIAS, F. P.; CARVALHO, A. M. Recipients and substrates in the production of seedlings and initial development of coffee trees after planting. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1327-1335, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000500019>

VENANCIO, L. P.; FILGUEIRAS, R.; MANTOVANI, E. C.; AMARAL, C. H.; CUNHA, F. F.; SILVA, F. C. S.; ALTHOFF, D.; SANTOS, R. A.; CAVATTE, P. C. Impact of drought associated with high temperatures on *Coffea canephora* plantations: a case study in Espírito Santo State, Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, p. 19719, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76713-y>

VIEIRA, K. S.; MONTENEGRO, P. F. G.; SANTANA, G. G.; VIEIRA, W. L. D. S. Effect of climate change on distribution of species of common horned frogs in South America. **PloS One**, v. 13, n. 9, p. e0202813, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202813>.

VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C.; FERNANDES, A. L. T.; DELAZARI, F. T.; FIGUEREDO, E. M. Effect of different irrigation depths on the development and production variables of central pivot irrigated coffee. **IRRIGA**, v. 20, p. 528-543, 2018. <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1154/1317>

WANG, Y.; WANG, X.; HU, G.; HONG, D.; BAI, X.; GUO, T.; HUA, Z.; JINHONG, L.; QIU, M. Chemical ingredients characterization basing on ¹H NMR and SHS-GC/MS in twelve cultivars of *Coffea arabica* roasted beans. **Food Research International**, v. 147, p. 110544, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110544>

WU, G.; LIU, H.; HUA, L.; LUO, Q.; LIN, Y.; HE, P.; LIU, Q.; YE, G. Differential responses of stomata and photosynthesis to elevated temperature in two co-occurring subtropical forest tree species. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 467, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00467>

ZINIVAND, N.; KHODADADI-DEHKORDI, D.; KASHKULI, H. A.; ASAREH, A.; EGDERNEZHAD, A. Assessment of superabsorbent polymer effect on water use efficiency of plant under water deficit conditions. **Tecnología y Ciencias del Agua**, v. 11, n. 1, p. 315-341, 2020. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-01-08>

CAPÍTULO I - Manejo Hídrico de Mudras de Café arábica com Polímero Hidroabsorvente e Turnos de Rega Cultivadas em Saquinho de Polietileno

RESUMO: O Café é uma cultura de grande importância e diversos fatores afetam o crescimento de mudras, como recipientes e disponibilidade hídrica, o que é necessário para produzir uma muda de qualidade. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses de polímero hidroabsorvente e frequências de irrigação no consumo hídrico e características agrônômicas de mudras de café (*Coffea arábica* L.) produzidas em sacos de polietileno; e para isso caracterizou-se o consumo hídrico de mudras de café em diferentes manejos e recomendar uma metodologia para gestão de irrigação; definiu-se a melhor dose do polímero hidroabsorvente UPDT® para produção de mudras de café e avaliou-se as diferentes frequências de irrigação no desempenho de mudras de café produzidas em sacos de polietileno e doses de UPDT®. Para realização dos experimentos foram utilizadas sementes de café da espécie *Coffea arábica* L. e da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. Os teúdos forma conduzidos em sacos de polipropileno com 0,5 dm³. Sendo o experimento montado em parcelas subdivididas (2 turnos de rega versus 4 doses de UPDT), seguindo o delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas dos turnos de rega de dois e quatro dias. As subparcelas tiveram quatro doses do polímero hidroabsorvedor UPDT, sendo 0 (testemunha) e 0,25%; 0,5% e 1% em volume as doses de UPDT aplicadas no substrato. A combinação de 0,50% de UPDT e turno de rega de 2 dias apresenta o maior consumo hídrico na produção de mudras do café arábica. Por outro lado, a combinação 0% de UPDT e turno de rega de 4 dias apresenta o menor consumo hídrico. Recomenda-se a dose de 0,25% de UPDT em relação ao volume de substrato para produção de mudras de café em saquinhos de polietileno de aproximadamente 0,5 dm³ de volume. Para essas mesmas condições, recomenda-se o turno de rega de 2 dias (TR2) para irrigação e produção das mudras. Recomenda-se valores de coeficiente de cultivo (Kc) para produção de mudras de 0,19; 0,26 e 0,29 para os períodos de 0-49, 50-84 e 85-159 dias após semeadura, respectivamente.

Palavras-chave: UPDT; Polímero; Mudras; Café; Rega.

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das culturas mais importantes e amplamente cultivadas, sendo o *Coffea arabica* L. a espécie mais difundida. Devido à sua grande importância, o bom estabelecimento desta cultura em campo é crucial. Para isso, a produção de mudas de café deve ser realizada de maneira adequada para garantir sua qualidade. Atualmente, em condições de viveiro, não há um protocolo estabelecido para a irrigação das mudas (Silveira et al., 2014).

Na prática, os viveiros irrigam as mudas de uma a três vezes ao dia, sem considerar a quantidade exata de água aplicada. Devido à alta concentração de raízes em um pequeno volume de substrato, é comum que os produtores adicionem água em excesso, presumindo que mais água é sempre melhor (Silveira et al., 2014).

Entretanto, tanto o excesso quanto a deficiência de água podem causar estresse nas plantas, resultando em diversas respostas morfofisiológicas. Esse estresse pode ser causado pela transpiração em relação à absorção pelas raízes e pela deficiência hídrica no solo. A tolerância à seca não é determinada por uma única variável e pode variar entre cultivares, clones, períodos de exposição e fatores edáficos (Nascimento et al., 2011; Felipe et al., 2020).

Nesse contexto, o uso de hidrogel, um superabsorvente popular na agricultura, surge como uma solução inovadora. O hidrogel não só reduz o escoamento de água e aumenta as taxas de infiltração, mas também melhora a capacidade de retenção de água no solo, o que pode beneficiar a produtividade das culturas. Este material absorve água após a chuva ou irrigação e a libera de volta ao solo conforme a planta necessita. Com a aplicação de hidrogel, é possível reduzir a frequência de irrigação em quase todas as culturas, economizando tempo e custos com água e trabalho (Patra et al., 2022).

A frequência de irrigação em viveiros menos tecnificados requer atenção especial. O uso de irrigação mais frequente aumenta os custos com mão de obra na produção de mudas de café. Em contrapartida, irrigar com menor frequência pode resultar em déficit hídrico e perdas significativas de mudas, incluindo a mortalidade das plantas (Cruz et al., 2020).

Outro aspecto importante que afeta a qualidade das mudas é o tipo de recipiente utilizado na produção. Tradicionalmente, as mudas de *C. arabica* são cultivadas em viveiros comerciais que utilizam sacos de polietileno como principais recipientes.

A escolha do recipiente é crucial, pois está diretamente relacionada à disponibilidade de nutrientes e água, bem como ao volume e à arquitetura do sistema radicular das plantas (Vallone et al., 2010; Schorn et al., 2019).

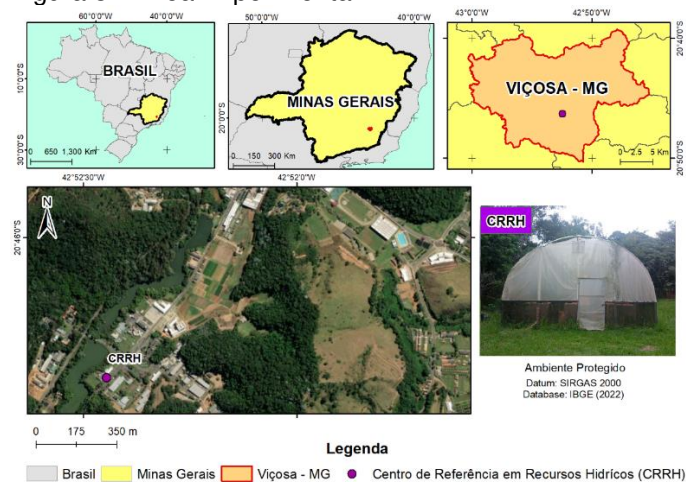
Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses de polímero hidroabsorvente e frequências de irrigação no consumo hídrico e características agronômicas de mudas de café (*Coffea arabica* L.) produzidas em sacos de polietileno; e para isso caracterizou-se o consumo hídrico de mudas de café em diferentes manejos e recomendar uma metodologia para gestão de irrigação; definiu-se a melhor dose do polímero hidroabsorvente UPDT® para produção de mudas de café e avaliou-se as diferentes frequências de irrigação no desempenho de mudas de café produzidas em sacos de polietileno e doses de UPDT®.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área experimental

O experimento foi montado na área experimental do Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH), (Figura 3), cujas coordenadas geográficas são longitude 42° 52' 53" W, latitude 20° 45' 14" S e com altitude de 648,74 m. O local é pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa-MG. O clima da região é classificado como Cwa, temperado úmido com inverno seco e verão quente de acordo com Alvares et al. (2013).

Figura 3 – Área Experimental



Fonte: O Autor (2023).

O ambiente protegido do CRRH apresenta as seguintes características: dimensões: 6,0 x 7,0 x 3,0 m; cobertura da estufa de filme plástico polietileno de alta densidade de 150 micra, transparente, instalado com peça única; telado lateral de fechamento do ambiente protegido por meio de sombrite 30%; e 3 bancadas experimentais internas de concreto.

2.2 Delineamento Experimental

Para realização dos experimentos foram utilizadas sementes de café da espécie *Coffea arabica* L. e da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. Os teúdos forma conduzidos em sacos de polipropileno com 0,5 dm³. Sendo o experimento montado em parcelas subdivididas (2 turnos de rega *versus* 4 doses de UPDT), seguindo o delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas dos turnos de rega de dois e quatro dias. As subparcelas tiveram quatro doses do polímero hidroabsorvedor UPDT, sendo 0 (testemunha) e 0,25%; 0,5% e 1% em volume as doses de UPDT aplicadas no substrato.

2.3 Montagem do Experimento

Para o preparo de 1 m³ de substrato foram utilizados 0,7 m³ de solo de barranco e 0,3 m³ de esterco bovino curtido (EPAMIG, 2022). O solo utilizado apresenta textura argilosa e é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com Santos et al. (2018). O solo foi tratado termicamente por meio da solarização, por 70 dias. Já o esterco bovino curtido foi peneirado e depois de incorporado ao solo, o substrato recebeu 6 kg de superfosfato simples ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 1 kg de cloreto de potássio (KCl) e 1 kg de calcário dolomítico (EPAMIG, 2022).

Após a preparação do substrato foram separadas as proporções para as diferentes doses de hidrogel, homogeneizando-os com o auxílio de uma betoneira com capacidade de 400 L, e logo após os recipientes foram preenchidos com 500 g de solo para receber duas sementes de café com profundidade de 3 - 5 centímetros. As sementes foram obtidas na Boa Safra Sementes, em Paula Cândido - MG. Desde a montagem do experimento, as irrigações foram realizadas obedecendo os diferentes turnos de rega de cada tratamento.

2.4 Manejo da Irrigação

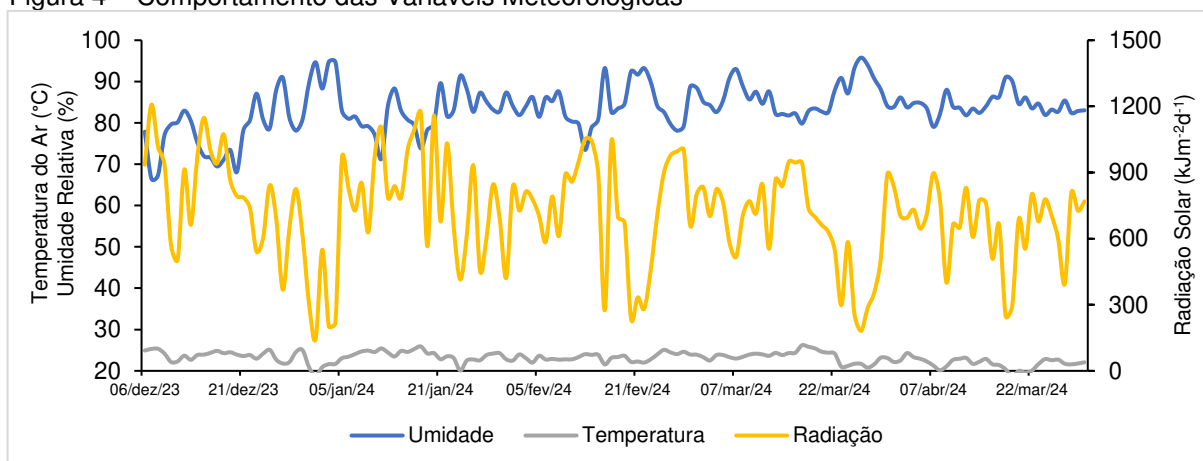
As mudas de café foram irrigadas por um sistema manual com o uso de regadores. Contudo, a necessidade hídrica da cultura foi estimada pelo método direto, determinando-se diariamente as massas dos recipientes por meio de pesagem com balança digital (0,0001 g). As diferenças entre as massas do dia anterior (referentes à capacidade de campo) e do dia atual corresponderam à perda de água por evapotranspiração (Souza et al., 2022). De acordo com a intensidade de aplicação do sistema foi calculado o tempo de irrigação.

O consumo hídrico foi convertido em taxa de evapotranspiração da cultura (ETc) levando-se em consideração a área vegetada formada por cada unidade experimental. As estimativas da evapotranspiração de referência (ETo) foram obtidas pelo método Penman-Monteith (FAO 56), conforme Allen et al. (1998). A partir dos dados de evapotranspiração da cultura (ETc) e da evapotranspiração de referência (ETo) foi calculado o coeficiente de cultura (Kc) de acordo com a equação 1 (Allen et al., 1998).

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (1)$$

Para a estimativa da ETo diária foram realizadas coletas das variáveis climáticas, obtidas com uso de dados meteorológicos gratuitos de estação automática localizada no município de Viçosa/Brasil, por meio do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). Na figura 4 estão apresentados o comportamento das variáveis meteorológicas durante o período experimental.

Figura 4 – Comportamento das Variáveis Meteorológicas



Fonte: INMET (2024).

2.5 Variáveis Analisadas

A germinação ocorreu até os 54 dias de experimento, e foram realizadas as seguintes análises:

- Médias de germinação final (GF), obtida pela equação 2 (Carvalho; Carvalho, 2009):

$$GF = \frac{\text{Número total de sementes germinadas}}{\text{Número total de sementes testadas}} \times 100 \quad (2)$$

- Índice de velocidade de germinação (IVG), obtido pela equação 3 (Carvalho; Carvalho, 2009):

$$IVG = \left(\frac{G1}{N1}\right) + \left(\frac{G2}{N2}\right) + \left(\frac{G3}{N3}\right) + \dots + \left(\frac{Gn}{Nn}\right) \quad (3)$$

Em que:

G1, G2, G3, ... Gn são o número de sementes germinadas no primeiro, segundo, terceiro...dias consecutivos de observação;

N1, N2, N3, ... Nn são o número de dias correspondente ao G1, G2, G3, ... Gn.

- Tempo médio de germinação (TMG), em dias obtido pela equação 4 (Labouriau, 1983):

$$TMG = \frac{\sum (ND)}{\sum N} \quad (4)$$

Em que:

N: Número de sementes germinadas no respectivo dia;

D: Dias contados a partir da sementeira.

- Velocidade Média de germinação (VMG), em sementes/dia, obtido pela equação 5 (Labouriau, 1983):

$$VMG = 1/TMG \quad (5)$$

Em que:

TMG: Tempo Médio de Germinação.

As últimas análises biométricas ocorreram por volta dos 141 dias de experimento. A cada 7 dias, após a abertura do primeiro par de folhas verdadeiras, foram realizadas as seguintes análises:

- Altura do ramo ortotrópico: mensurada do coleto ao ápice com uma régua graduada (cm);
- Número de nós no ramo ortotrópico: realizada por meio de contagem manual;
- Número de folhas: realizada por meio de contagem manual;
- Temperatura foliar anterior ao manejo da irrigação: serão obtidos através de termômetro de infravermelho (Marca: B-MAS, Modelo: M-300) medindo-se a temperatura foliar no terço médio da planta do cafeeiro;
- Diâmetro do coleto: começará a ser aferido quando a plântula apresentar coleto a altura de 5 cm do solo. Após isso, as medidas serão realizadas com auxílio de um paquímetro digital (mm);

Ao final do experimento foram realizadas as seguintes avaliações:

- Área foliar: consiste na determinação por meio do escaneamento realizado pelo aparelho com células de área conhecida, expressa em cm^2 , estimada com medidor de área foliar LI-COR modelo LI-3000.
- Qualidade do Torrão: As mudas foram classificadas com base na facilidade de retirar do recipiente, que variou de 5 a 1, onde, 5 – quebra de raiz (não é possível retirar o torrão); 4 – foi muito difícil tirar o torrão, mas foi possível; 3 – dificuldade moderada; 2 – moderadamente facilidade e 1 – fácil de ser removido do tubo (Rodrigues et al., 2021).
- Volume Radicular: com o auxílio do software para parâmetros radiculares, WinRhizo (Bauhus; Messier, 1999).
- Massa fresca e massa seca de folhas, caules e raízes: o material vegetal foi dividido em sacos de papel previamente identificados e pesados por meio de balança analítica com precisão de 0,01 g para obtenção da massa fresca. Para a obtenção da matéria seca, o material foi levado para estufa a 65 °C, por 72 horas e depois pesados em balança.

- Índice de qualidade de Dickson: determinado através da equação 11 (Dickson et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (11)$$

Em que:

MST: fitomassa seca total (g);

H: altura da parte aérea (cm);

DC: diâmetro do coleto (mm);

MSPA: fitomassa seca da parte aérea (g);

MSR: fitomassa seca das raízes (g).

- Índice de robustez, segundo Dickson et al. (1960), obtido pela equação 12:

$$IR = \frac{H (cm)}{DC (mm)} \quad (12)$$

Em que:

H: altura da parte aérea (cm);

DC: diâmetro do coleto (mm).

2.6 Análise dos Dados

A normalidade e homocedasticidade dos resíduos foram avaliadas considerando os testes de Shapiro Wilks e Bartlett, respectivamente. Os dados também foram submetidos às análises de variância, regressão e correlação simples.

Às análises de variância (ANOVA) foram realizadas por meio do teste F a 0,05 de probabilidade. Independente das interações entre os fatores serem ou não significativas, optou-se pelo desdobramento das mesmas. Para o fator frequência de irrigação, a comparação de médias foi realizada por meio do teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Para o fator quantitativo (doses de UPDT) foram testados modelos lineares e quadráticos. A seleção do modelo foi com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 0,05 de probabilidade, no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno biológico.

As análises de correlação simples (r) foram realizadas para todos os parâmetros avaliados, classificando-as de acordo com Cohen (1988): “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software estatístico SAEG 9.1 (SAEG/UFV, 2007).

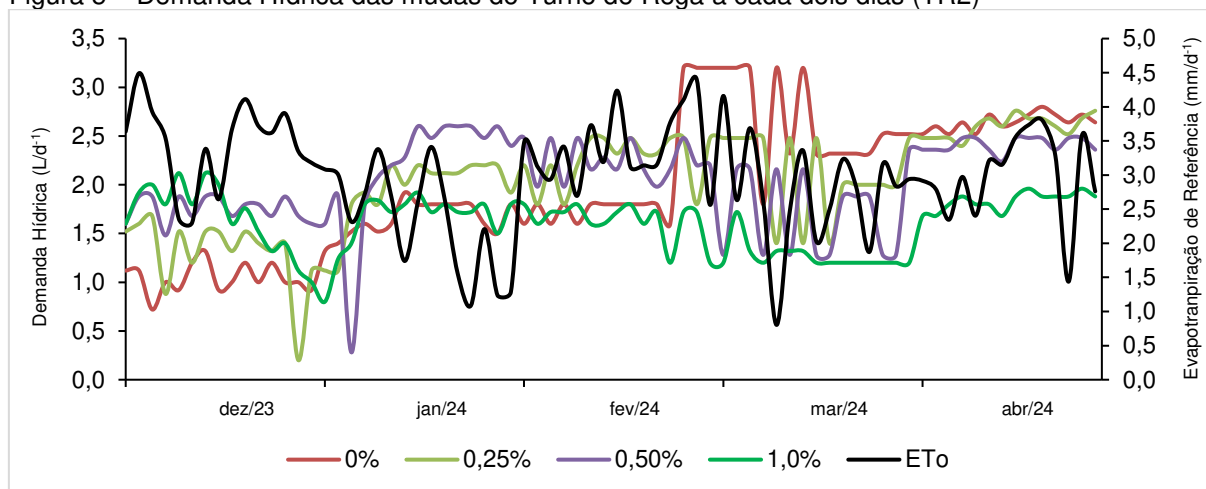
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo Hídrico

Na Figura 5 é apresentada a relação entre a demanda hídrica ($L \cdot d^{-1}$) e a evapotranspiração de referência (ET_o , em $mm \cdot d^{-1}$) ao longo do tempo, entre dezembro de 2023 e abril de 2024 para o turno de rega a cada 2 dias (TR2). Observa-se que a ET_o flutua bastante ao longo do período, alcançando picos em torno de $8,4 mm \cdot d^{-1}$, especialmente em janeiro de 2024.

As linhas dos níveis de UPDT indicam que a demanda hídrica varia com os níveis de hidrogel. Isso sugere que as diferentes doses afetam diretamente a demanda hídrica das plantas, ou seja, com uma maior dose, percebe-se uma redução na demanda hídrica, possivelmente devido à redução da evapotranspiração. Enquanto as menores doses de hidrogel ao longo do tempo requerem maior demanda hídrica.

Figura 5 – Demanda Hídrica das mudas do Turno de Rega a cada dois dias (TR2)

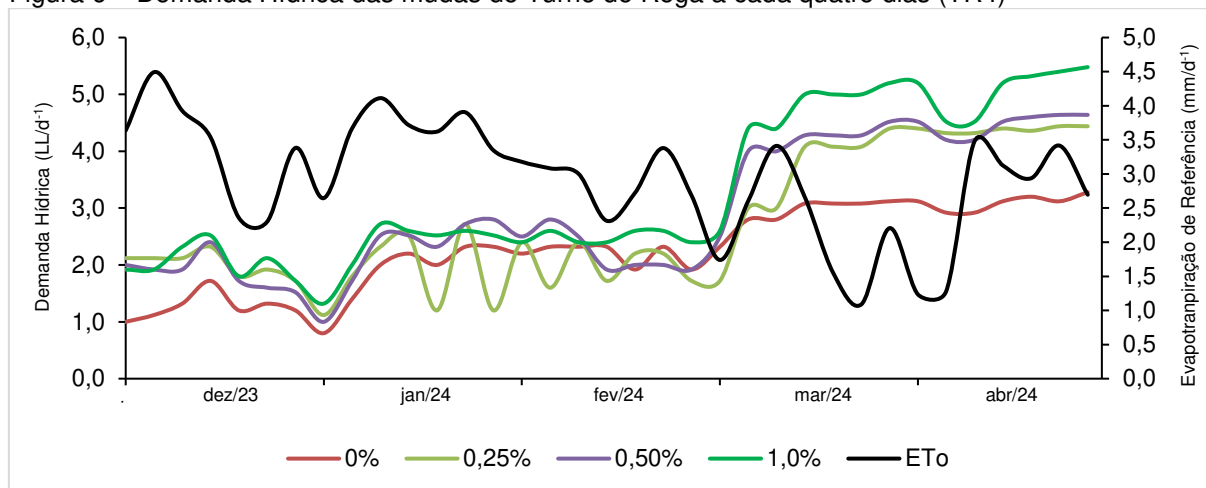


Fonte: O autor, (2024).

Para o turno de rega a cada 4 dias (TR4), na figura 6 é demonstrado que a aplicação de diferentes níveis de hidrogel no solo tem influência direta na demanda hídrica das plantas. Quanto maior a concentração de hidrogel, maior é a retenção de água no solo, o que se traduz em uma maior demanda hídrica pelas plantas, ou seja, quanto mais hidrogel for colocado no solo, mais água ele consegue reter. Isso faz com que as plantas precisem de mais água para crescer bem, já que o solo guarda mais água por mais tempo. Agaba et al. (2010) constataram que os valores de evapotranspiração aumentam à medida que o incremento com hidrogel aumenta. Isso

evidencia o potencial do hidrogel em melhorar a disponibilidade de água para as plantas, principalmente em condições de seca ou alta demanda hídrica.

Figura 6 – Demanda Hídrica das mudas do Turno de Rega a cada quatro dias (TR4)



Fonte: O autor, (2024).

Na tabela 1 é apresentado o consumo hídrico total em litros para diferentes doses de UPDT nos dois turnos de rega, TR2 e TR4. Observa-se que, no Turno de Rega de 2 dias (TR2), o consumo hídrico total aumenta ligeiramente com o aumento das doses até 0,5%, mas diminui significativamente na dose de 1,0%. No Turno de Rega de 4 dias (TR4), há um aumento constante no consumo hídrico à medida que a dose aumenta, e a dose de 0%, apresenta o menor consumo.

Tabela 1 – Consumo Hídrico Total para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com saquinho de muda

DOSE	Consumo Hídrico Total (L)	
	TR2	TR4
0%	147,10	79,20
0,25%	150,56	96,28
0,50%	151,78	103,50
1,0%	118,82	115,24

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias.

3.2 Germinação

O resumo da análise de variância (ANOVA) conjugada, suas interações e significâncias constam no apêndice A. De acordo com a análise da tabela 2, a GF, em todos os níveis de UPDT, o TR2 foi superior ao TR4, uma vez que embora haja períodos de maior dependência, a importância da água é permanente durante todo o ciclo da planta e é o fator que exerce a mais determinante influência sobre o processo

de germinação (Carvalho; Nakagawa, 2000), devendo estar disponível para as sementes em teor adequado, pode-se inferir então que o TR2 possui teores de água próximos ao ideal. O contrário ocorreu com as sementes do TR4, uma vez que as sementes de cafeeiro apresentam germinação lenta e baixo potencial de armazenamento, o que dificulta a formação de mudas em tempo hábil e em condições climáticas favoráveis à implantação da lavoura (Guimarães, 2000).

No processo de germinação, a absorção de água promove o amolecimento do tegumento da semente, o aumento do embrião e dos tecidos de reserva, favorecendo a ruptura do tegumento, a difusão gasosa e a emergência da raiz primária (Ramos et al., 2006).

Tabela 2 – Valores Médios de Germinação Final (GF), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com saquinho de muda

DOSE	GF (%)		IVG		TMG (dias)		VMG (sementes/dias)	
	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	46,25a	25,00b	25,00a	35,00a	16,00a	23,00b	7,00a	4,43b
0,25%	78,75a	25,00b	46,00a	49,00a	28,00a	30,00b	3,67a	3,26a
0,50%	87,50a	25,00b	48,00a	40,00a	31,00b	26,00a	3,15a	4,04a
1,0%	87,50a	25,00b	51,00a	44,00a	31,00b	28,00a	3,20a	3,69a

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias.

As médias seguidas pela mesma letra na linha para cada variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Vale ressaltar que a utilização de polímeros altamente absorventes tem o potencial de melhorar a germinação precoce em condições secas, melhorando a disponibilidade de água, evitando assim atrasos na emergência e no tempo de repouso da colheita (Skrzypczak et al., 2021).

Para o IVG todos os tratamentos apresentaram semelhanças estatísticas, significando a rapidez com que as sementes germinam ao longo de um período. O IVG descrito por Maguire (1962) é um dos testes mais empregado para avaliar a velocidade de germinação (Tabela 2).

Para o TMG (Tabela 2) independente da dose de UPDT, os turnos de rega conferiram diferença, visto que nas menores doses (0% e 0,25%) o TR2 conferiu maiores médias de TMG e nas outras doses (0,5% e 1,0%) aconteceu o contrário. Para esta variável quanto menor a média de dias gastos para a germinação melhor é o tratamento, uma vez que as irrigações eram realizadas de 4 em 4 dias, o que permitiu a drenagem do excesso de água, evitando o hipoxia junto as sementes,

favorecendo a entrada de ar no substrato (Da Silva et al., 2022). Portanto, um menor TMG, acarretará a obtenção de mudas mais rapidamente, possibilitando separar os lotes ou escalonar o plantio em campo (Krzyzanowski et al., 1999).

Para o VMG (Tabela 2) somente o tratamento de 0% no TR2 foi superior estatisticamente ao TR4, enquanto nas demais doses os turnos não diferiram entre si, demonstrando a média do tempo que leva para as sementes germinarem. O VMG mais alto no tratamento controle (sem hidrogel) podem ser atribuídos à presença de cinzas que cobrem a casca da semente, ajudando a reter e manter o teor de umidade do grão com aeração adequada na cama durante a fase de germinação. Isso aprimorou a atividade metabólica e desencadeou o processo de germinação, resultando em uma germinação mais rápida e eficiente (Gokavi et al., 2018). Ainda que a germinação fosse mais rápida, a quantidade de GF foi inferior aos outros tratamentos.

3.3 Avaliações Biométricas

A altura (Tabela 3) é um dos atributos de qualidade comumente medidos em mudas (Grossnickle; Macdonald, 2018) e pode estar relacionada a mudas de maior qualidade (Silva et al., 2013). Os níveis com 0%; 0,25%; 0,50% de UPDT foram superiores no TR2, enquanto o nível de 1,0% não apresentou diferenças estatísticas em nenhum turno de rega.

Tabela 3 - Valores médios de altura (H), temperatura foliar (TF), diâmetro do caule (DC) e qualidade do torrão (QT) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com saquinho de muda

DOSE	H (cm)		TF (°C)		DC (mm)		QT	
	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	13,00a	11,00b	24,32b	20,71a	2,54a	2,36b	1,31a	1,31a
0,25%	14,17a	12,92b	21,81b	17,43a	2,55a	2,33b	1,12a	1,00a
0,50%	14,09a	12,18b	22,20b	17,56a	2,30a	2,25a	1,18a	1,12a
1,0%	12,65a	11,74a	21,93b	18,40b	2,31a	2,27a	1,06a	1,00a

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias.

As médias seguidas pela mesma letra na linha para cada variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A temperatura foliar (Tabela 3) obteve as menores médias nos níveis de 0%; 0,25% e 0,50% no TR4 em comparação ao TR2, uma vez que a manutenção de temperaturas foliares mais baixas ajuda a preservar o equilíbrio da planta, garantir um crescimento mais eficiente e aumentar a resistência a condições ambientais adversas.

Ressalta-se que enquanto temperaturas foliares mais altas podem ser desvantajosas em situações de estresse hídrico ou térmico, elas podem ser vantajosas em ambientes específicos, como climas frios ou quando ocasionando um crescimento mais acelerado da muda.

A determinação do diâmetro do caule é muito importante nas avaliações biométricas, pois é um indicador das taxas líquidas de assimilação dos produtos da fotossíntese (Souza et al., 2016). Para essa variável somente os tratamentos de 0% e 0,25% de UPDT do TR2 apresentaram superioridade estatística ao TR4 (Tabela 3). Almeida et al. (2005) observaram que o diâmetro do caule determina maior sobrevivência de mudas de café no campo.

As médias de qualidade do torrão (Tabela 3) não diferiram estatisticamente entre si, uma vez que para Freitas et al. (2010), quanto maior o desenvolvimento do sistema radicular, maior será o entrelaçamento das raízes, então isso dará suporte ao substrato, formando o torrão. Entre os tratamentos estudados todos obtiveram valores satisfatórios (próximos a 1,0). As médias de número de nós e número de folhas foram de 5 e 8, respectivamente, para todas as doses e ambos os turnos de rega.

A área foliar (Tabela 4) indica uma boa ideia da capacidade fotossintética da planta, e uma diminuição na área foliar é uma resposta precoce à deficiência de água (Mote; Gokavi, 2020). Com o aumento do polímero hidrofílico, houve um aumento significativo na área foliar, por isso os tratamentos com 0,25% e 1,0% no TR2 apresentaram as maiores médias comparadas ao TR4, visto que o a quantidade de água e o polímero hidrofílico aumenta a pressão de turgor dentro das células, mantendo uma quantidade suficiente de água conforme a necessidade da cultura, resultando no aumento da área foliar e outros parâmetros de crescimento relacionados (Yazdani et al., 2007).

Tabela 4 - Valores médios de área foliar (AF), comprimento da raiz principal (CR), índice de qualidade de dickson (IQD), índice de robustez (IR) e volume radicular (VR) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com saquinho de muda

DOSE	AF (cm ²)		CR (cm)		IQD		IR		VR (cm ³)	
	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	171,00a	148,97a	14,43a	13,33a	0,14a	0,12a	5,17a	4,81a	937,8a	1200,0a
0,25%	224,26a	178,28b	16,57a	15,32a	0,14a	0,13a	5,58a	5,57a	365,3b	1280,7a
0,50%	203,08a	174,26a	13,60a	11,71b	0,14a	0,11a	6,29a	5,35b	130,0b	1402,5a
1,0%	205,93a	158,24b	17,31a	12,53b	0,14a	0,10a	5,50a	5,18a	820,9a	1049,9a

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias.

As médias seguidas pela mesma letra na linha para cada variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A morfologia do sistema radicular também pode fornecer uma indicação mais precisa do potencial das mudas (Vieira et al., 2019). Na Tabela 4 as médias do comprimento da raiz principal (CR) foram superiores nos tratamentos de 0,50% e 1,0% no TR2. Além disso a produção de mudas em recipientes que permitem a saída lateral das raízes, como é o caso dos sacos de mudas, favorece uma ramificação mais intensa do sistema radicular como estudado por Freitas et al., (2005).

Outro fator é que com a incorporação de um condicionador de solo, como um hidrogel polissacarídeo, pode auxiliar na retenção de água, resultando em condições de crescimento mais favoráveis para as raízes das plantas, pois o hidrogel melhora a interação entre as partículas do solo e as raízes, auxiliando assim no movimento ativo de água e nutrientes para as plantas, assim como a absorção (Pattanaaik et al., 2015).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é muito utilizado na avaliação de qualidade de mudas (Tabela 4), apresentando como vantagens a análise conjunta dos demais parâmetros morfológicos em uma única avaliação (Silva et al., 2020). Este parâmetro é muito empregado, pois considera a robustez e o equilíbrio entre as características avaliadas e, quanto maior seu valor, maior é o grau de qualidade da muda dentro de um mesmo lote (Aguilar et al., 2011). No presente estudo para todos os níveis de UPDT, os turnos de rega apresentaram valores semelhantes estatisticamente.

Em relação ao índice de robustez (Tabela 4), Carneiro (1995) relata que esta exprime o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, pois conjuga duas características em apenas um índice, inferindo se a muda está estiolada ou hipertrofiada, para essa variável o autor afirma que o índice deve situar-se entre 5,4 e 8,1. Sendo assim, os tratamentos com 0,25% e 0,50% do TR2 e TR4; e 1,0% do TR2 apresentaram valores dentro dos recomendados pelo autor.

Para o parâmetro de Volume Radicular (Tabela 4), o comportamento de melhor desenvolvimento das mudas produzidas possivelmente está relacionado com o maior volume de substrato disposto nesse tipo de recipiente (Melo et al., 2018). Por isso apenas os tratamentos com níveis de 0,25% e 0,50% de UPDT do TR4 apresentaram valores superiores ao TR2, uma vez que o aumento nos níveis de hidrogel pode ter efeito negativo no crescimento de mudas jovens de café no viveiro. Isso pode ser atribuído ao fato de que o hidrogel também absorve água e preenche os poros do

solo, causando inundação nos tubos de polietileno, o que, por sua vez, retarda o crescimento e os parâmetros de crescimento das mudas jovens de café (Gokavi, et al., 2018; Gilbert, et al., 2014).

3.4 Fitomassas

Para os parâmetros de massa fresca e seca de folhas (Tabela 5) os tratamentos com hidrogel, 0,25%; 0,5% e 1,0% do TR2 apresentaram médias superiores ao TR4, uma vez que a oferta de água para a planta atua como reagente no metabolismo, e no transporte e translocação de solutos, na turgidez celular, abertura e fechamento dos estômatos. Além disso que o desenvolvimento foliar está diretamente relacionado com a utilização da radiação fotossinteticamente ativa para a produção de fotoassimilados, sendo essencial para o crescimento das mudas (Taiz et al., 2017).

Tabela 5 - Valores médios de massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de caules (MFC), massa seca de caules (MSC), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com saquinho de muda

DOSE	MFF (g)		MSF (g)		MFC (g)		MSC (g)		MFR (g)		MSR (g)	
	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	3,33a	3,30a	0,89a	0,79a	0,68a	0,55a	0,16a	0,14a	1,94a	1,46b	0,29a	0,21b
0,25%	4,09a	3,30b	1,07a	0,81b	0,69a	0,69a	0,18a	0,17a	2,21a	1,53b	0,20a	0,25a
0,50%	4,01a	3,18b	1,04a	0,72b	0,75a	0,69a	0,18a	0,17a	2,33a	1,80a	0,26a	0,24a
1,0%	3,86a	2,92b	1,02a	0,72b	0,66a	0,64a	0,16a	0,15a	2,20a	1,47b	0,27a	0,18b

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias.

As médias seguidas pela mesma letra na linha para cada variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para os parâmetros de massa fresca e seca de caules (Tabela 5) nenhum tratamento apresentou diferenças significativas. As massas frescas das raízes obtiveram melhores médias nos tratamentos de 0%, 0,25% e 1,0% do TR2 e as massas secas de raízes nos tratamentos de 0% e 1,0% do TR2, é um indicador da superfície de absorção da raiz, conferindo uma melhor capacidade de evitar a seca após o plantio no campo (Grossnickle, 2012). Além disso, o estabelecimento bem-sucedido de mudas depende fundamentalmente da capacidade de iniciar rapidamente novas raízes, a fim de mitigar os efeitos negativos do choque do transplante e, como mudas com maior biomassa têm maior capacidade de desenvolver novas raízes, essa

característica tem forte relação positiva com potencial de crescimento e sobrevivência (Grossnickle; McDonald, 2018).

3.5 Regressões

As equações de regressão encontram-se na tabela 6 e os seus respectivos valores do coeficiente de correlação (r^2), o parâmetro com menor “ r^2 ” foi de MSF no TR2, com 0,6397, segundo Cohen (1988) pode ser classificado como alto. Os parâmetros de VMG e a AF no TR2 apresentaram os maiores valores de “ r^2 ”, 0,9999, e pode ser classificado como quase perfeito.

O ajuste dos dados a modelos polinomiais de diferentes graus depende da relação entre a variável independente (como é o caso das doses de UPDT) e a variável dependente (como é o caso dos parâmetros avaliados). Sendo assim a regressão linear é considerada o melhor modelo ajustado para alguns parâmetros como DC para TR4 e CR pra TR2 (Tabela 6), ou seja, a relação entre as variáveis é linear, os pressupostos do modelo são razoavelmente atendidos e o modelo oferece uma boa combinação de simplicidade e ajuste aos dados, quanto maior a dose UPDT maior será o incremento nas características avaliadas. Ocorre quando há uma relação direta e proporcional entre a dose e a resposta (Marques; Bastos, 2010).

O modelo quadrático (Tabela 6) para os parâmetros avaliados como (H no TR2 e VR nos dois turnos de rega), mostra que a relação indica uma resposta pode aumentar até um certo ponto e depois começar a diminuir ou estabilizar. Comumente visto em experimento agrícolas, onde uma dose pode ser ótima, mas doses excessivas podem ser prejudiciais.

Para as regressões com modelo de raiz quadrada (Tabela 6) os parâmetros de MFR no TR4 e GF nos dois turnos de rega, foram os que mais se adequaram, utilizou-se esse modelo com transformação de raiz quadrada por ser considerado o melhor ajustado, uma vez que a modificação ajuda a linearizar a relação entre as variáveis, melhorando as métricas de ajuste (r^2).

Tabela 6 – Equações de regressão ajustada para todas as variáveis de germinação final (GF), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG), altura (h), temperatura foliar (TF), diâmetro do caule (DC), qualidade do torrão (QT) área foliar (AF), comprimento da raiz principal (CR), índice de qualidade de dickson (IQD), índice de robustez (IR), volume radicular (VR), massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de caules (MFC), massa seca de caules (MSC), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) em função das doses de gel para os respectivos turnos de rega e os respectivos coeficientes de determinação do experimento com saquinho de muda

TR	VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	r ²
2	GF(%)	$\hat{y}_1 = 46,0976 + 93,0014 * Dose^{1/2} - 51,2311 * Dose$	0,9926
4		$\hat{y}_2 = 25,00 + 0,0000065 * Dose^{1/2} - 0,0000044 * Dose$	0,9670
2	IVG	$\hat{y}_1 = 0,2588 + 0,5225 * Dose^{1/2} - 0,2676 * Dose$	0,9878
4		$\hat{y}_2 = 4,20$	-
2	TMG	$\hat{y}_1 = 0,1643 + 0,3340 * Dose^{1/2} - 0,1782 * Dose$	0,9845
4		$\hat{y}_2 = 2,70$	-
2	VMG	$\hat{y}_1 = 6,9984 - 9,4592 * Dose^{1/2} + 5,6666 * Dose$	0,9999
4		$\hat{y}_2 = 3,86$	-
2	H(cm)	$\hat{y}_1 = 13,1369 + 4,82375 * Dose - 5,325 * Dose^2$	0,9724
4		$\hat{y}_2 = 11,0429 + 5,76031313 * Dose^{1/2} - 5,1629 * Dose$	0,8855
2	NF	$\hat{y}_1 = 8$	-
4		$\hat{y}_2 = 8$	-
2	TF(°C)	$\hat{y}_1 = 24,2807 - 6,39547 * Dose^{1/2} + 4,1529 * Dose$	0,9431
4		$\hat{y}_2 = 20,7021 - 10,3473 * Dose^{1/2} + 8,09170 * Dose$	0,9853
2	DC(mm)	$\hat{y}_1 = 2,41$	-
4		$\hat{y}_2 = 2,3584 - 0,0894 * Dose$	0,9765
2	NN	$\hat{y}_1 = 5$	-
4		$\hat{y}_2 = 5$	-
2	QT	$\hat{y}_1 = 1,3097 - 0,4222 * Dose^{1/2} + 0,18174 * Dose$	0,9731
4		$\hat{y}_2 = 2,3584 - 0,08932 * Dose$	0,9843
2	AF(cm ²)	$\hat{y}_1 = 171 + 46,1299 * Dose^{1/2} - 58,8677 * Dose$	0,9999
4		$\hat{y}_2 = 195,56$	-
2	CR(cm)	$\hat{y}_1 = 15,0062 - 2,36071 * Dose$	0,7151
4		$\hat{y}_2 = 14,73$	-
2	IQD	$\hat{y}_1 = 0,143815 - 0,0445 * Dose$	0,9362
4		$\hat{y}_2 = 0,1414$	-
2	IR	$\hat{y}_1 = 5,08963 + 3,67939 * Dose - 3,23716 * Dose^2$	0,8606
4		$\hat{y}_2 = 4,83225 + 2,322301313 * Dose^{1/2} - 2,00418 * Dose$	0,9274
2	VR(cm ³)	$\hat{y}_1 = 969,288 - 3690,53 * Dose + 3760,27 * Dose^2$	0,9834
4		$\hat{y}_2 = 1174,5 + 1049,91 * Dose - 13,94,87 * Dose^2$	0,9566
2	MFF(g)	$\hat{y}_1 = 3,36011 - 4,10755 * Dose$	0,9320
4		$\hat{y}_2 = 3,33879 + 2,33447 * Dose^{1/2} - 1,8294 * Dose$	0,9842
2	MSF(g)	$\hat{y}_1 = 0,804750 - 0,08907 * Dose$	0,6397
4		$\hat{y}_2 = 0,893171 + 0,5264 * Dose^{1/2} - 0,402662 * Dose$	0,9596
2	MFC(g)	$\hat{y}_1 = 0,679363 + 0,0853334 * Dose - 0,119714 * Dose^2$	0,9937
4		$\hat{y}_2 = 0,559047 + 0,682731 * Dose - 0,581023 * Dose^2$	0,9996
2	MSC(g)	$\hat{y}_1 = 0,16612 + 0,07602 * Dose^{1/2} - 0,08809 * Dose^2$	0,9957

4		$\hat{y}_2 = 0,144080 + 0,151341 * Dose - 0,131364 * Dose^2$	0,9887
2	MFR(g)	$\hat{y}_1 = 1,82$	-
4		$\hat{y}_2 = 1,4622 + 2,3190 * Dose^{1/2} - 1,570 * Dose$	0,9988
2	MSR(g)	$\hat{y}_1 = 0,293875 - 0,103143 * Dose$	0,9770
4		$\hat{y}_2 = 0,2135 + 0,1691^{\circ} Dose^{1/2} - 0,114684^{\square} Dose$	0,9462

* – Significativo a 5% pelo “t”; ** – Significativo a 1% pelo “t”; ° – Significativo a 10% pelo “t”; □ – Significativo a 15% pelo “t”; ns – Não Significativo a 15% pelo teste “t”. TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias.

Desse modo pode-se observar que as regressões e os coeficiente de correlação apresentaram bons ajustes. Os parâmetros que não obtiveram ajustes altos / muito altos / quase perfeito, foram considerados apenas as médias, uma vez que os modelos matemáticos usados para prever os resultados não conseguiram capturar de modo adequado a relação entre as variáveis.

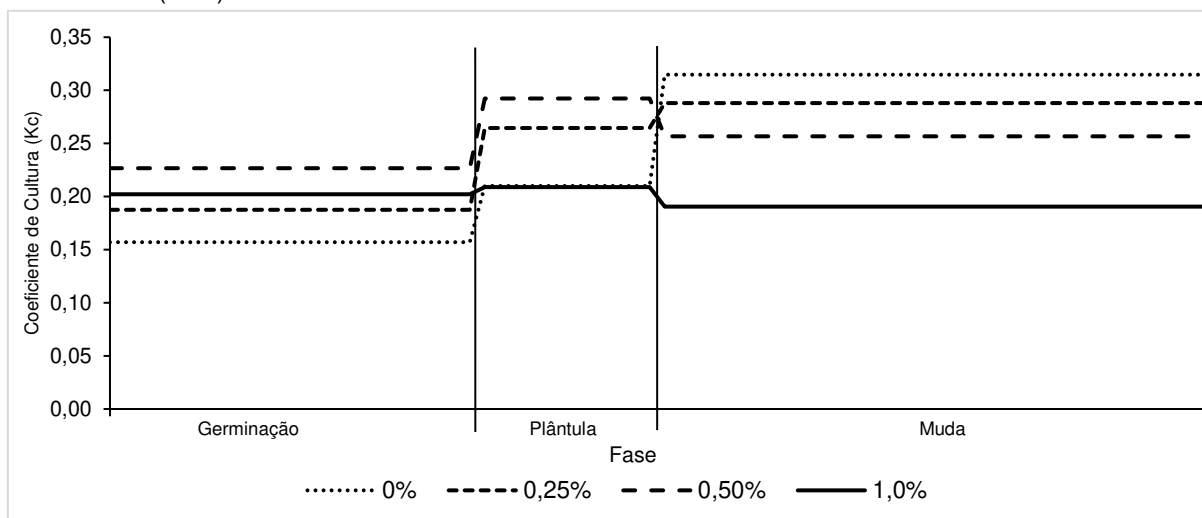
3.6 Coeficiente de Cultivo

A determinação precisa da água evapotranspirada pelo sistema solo-planta-atmosfera, assim como o conhecimento do coeficiente de cultivo (Kc), são essenciais na tentativa de racionalizar o uso da água na agricultura. Quando se tem determinações desses parâmetros de forma mais acuradas, reduções no custo de produção do sistema agrícola e no impacto ao meio ambiente poderão ser atingidos (Alface et al., 2019; Allen et al., 1998; Oliveira et al., 2020).

O coeficiente de cultura (Kc) é um indicador de grande significado físico e biológico, uma vez que depende da área foliar, arquitetura da planta (parte aérea e sistema radicular), cobertura vegetal e transpiração da planta (Allen et al., 1994).

Constatou-se que os valores de Kc (Figura 5) na fase inicial é baixo, uma vez que o consumo é mínimo, apresentando baixo desenvolvimento vegetativo, menor área foliar visto que a planta só necessita de água para nutrir o embrião e não apresenta o desenvolvimento da raiz, e com isso apresenta baixos valores de Kc.

Figura 5 - Coeficiente de cultura (Kc) ao longo experimento com sacos de mudas no turno de rega a cada 2 dias (TR2)



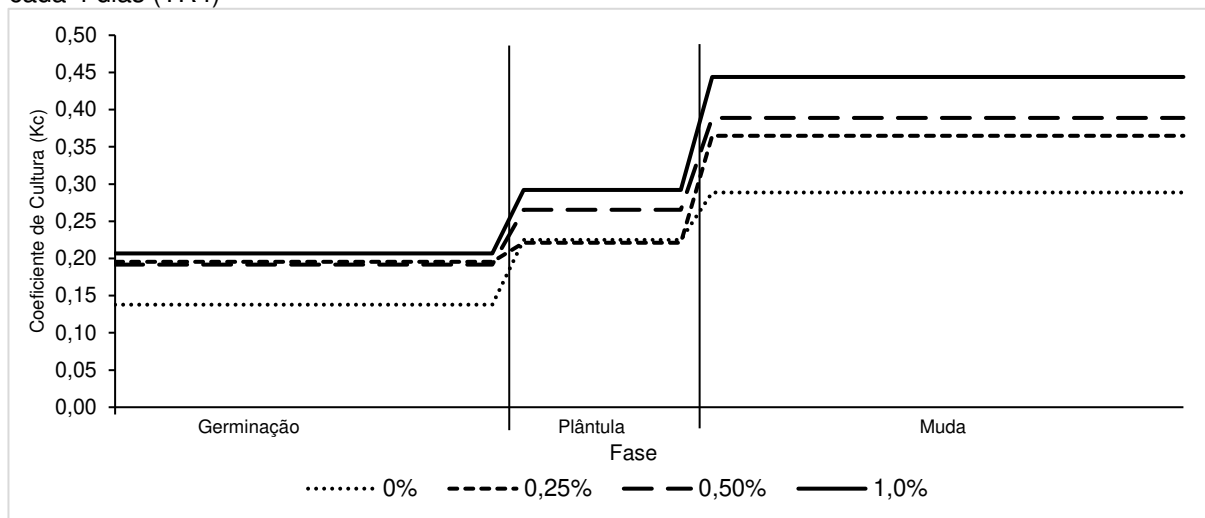
Fonte: O autor, (2024).

Nessa fase, em viveiro, os coeficientes variaram em função do uso da dose de hidrogel, dos turnos de rega e com o desenvolvimento vegetativo. Na fase de germinação os valores do Kc para o TR2 variaram de 0,16 a 0,23, no estágio de plântula o Kc variou de 0,21 a 0,29. Na fase de formação e de desenvolvimento vegetativo inicial, os valores do Kc foram de 0,19 a 0,31.

Vale lembrar que os valores mais altos de Kc foram encontrados na dose de 0%. Esses valores podem ser justificados pelo fato que a oferta de água próximo ao ideal no solo para as plantas nesta fase foi ideal pois elas estiveram em pleno crescimento do caule, formação de folhas, emissão dos primeiros brotos e crescimento longitudinal e laterais (Rodriguez, 2020). Nesse sentido, Taiz et al. (2017) mencionam que, quando há maior quantidade de raízes, a área de superfície de contato aumenta e, portanto, há maior absorção de água.

Para os valores de Kc (Figura 6) no TR4 em fase inicial do café arábica em viveiro, encontrou-se valores diversos em função do uso da dose de hidrogel, dos turnos de rega e com o desenvolvimento vegetativo. Na fase de germinação os valores do Kc para o TR4 variaram de 0,14 a 0,21, na fase de plântula o Kc variou de 0,22 a 0,29, e no estágio de formação e de desenvolvimento vegetativo inicial, os valores do Kc foram de 0,29 a 0,44.

Figura 6 - Coeficiente de cultura (K_c) ao longo experimento com sacos de mudas no turno de rega a cada 4 dias (TR4)



Fonte: O autor, (2024).

Vale lembrar que os valores mais altos de K_c foram encontrados na dose de 1%. Os altos valores nesse tratamento podem ser justificados pela disponibilidade de água próximo ao ideal no solo para as plantas e o tempo entre regas, uma vez que nesta fase foi ideal como estavam em fase de crescimento ativo do caule, desenvolvimento de folhas, surgimento dos primeiros brotos e crescimento tanto longitudinal quanto lateral (Rodriguez, 2020).

4. CONCLUSÕES

A combinação de 0,50% de UPDT e turno de rega de 2 dias apresenta o maior consumo hídrico na produção de mudas do café arábica. Por outro lado, a combinação 0% de UPDT e turno de rega de 4 dias apresenta o menor consumo hídrico.

Recomenda-se a dose de 0,25% de UPDT em relação ao volume de substrato para produção de mudas de café em saquinhos de polietileno de aproximadamente 0,5 dm³ de volume.

Para essas mesmas condições, recomenda-se o turno de rega de 2 dias (TR2) para irrigação e produção das mudas.

Recomenda-se valores de coeficiente de cultivo (Kc) para produção de mudas de 0,19; 0,26 e 0,29 para os períodos de 0-49, 50-84 e 85-159 dias após semeadura, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGABA, H.; BAGUMA ORIKIRIZA, L. J.; OSOTO ESEGU, J. F.; OBUA, J.; KABASA, J. D.; HÜTTERMANN, A. Effects of hydrogel amendment to different soils on plant available water and survival of trees under drought conditions. **CLEAN - Soil, Air, Water**, v. 38, n. 4, p. 328–335, 2010. <https://doi.org/10.1002/clen.200900245>
- AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, A.; TAVARES, A. R.; NASCIMENTO, T. D. R.; ROCCO, F. M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 729-734, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600008>
- ALFACE, A. B.; PEREIRA, S. B.; FILGUEIRAS, R.; CUNHA, F. F. Sugarcane spatial-temporal monitoring and crop coefficient estimation through NDVI. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 330-335, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p330-335>.
- ALLEN, R. G.; SMITH, M; PERRIER, A.; PEREIRA, L. S. An update for the definition of reference evapotranspiration. **ICID bulletin**, v. 43, n. 2, p. 1-34, 1994.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p. (Irrigation and Drainage Paper 56).
- ALMEIDA, L. S. de; MAIA, N.; ORTEGA, A. R.; ÂNGELO, A. C. Crescimento de mudas de jacarandá puberula cham. em viveiro, submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2005. <https://doi.org/10.5902/198050981870>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. <https://10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BAUHUS, J.; MESSIER, C. Evaluation of Fine Root Length and Diameter Measurements Obtained Using WinRhizo Image Analysis. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 1, p. 142-147, 1999. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.00021962009100010022x>
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; FUPEF, 1995.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Vigor de sementes. In: _____. (Eds.). Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 224-242.
- CARVALHO, D. B. de; CARVALHO, R. I. N. de. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma sob influência do envelhecimento acelerado e da luz. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 489-494, 2009. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.585>
- COHEN, J. E. Análise de poder estatístico para as ciências comportamentais. Hillsdale, NJ: **Lawrence Erlbaum Associates**, Inc., 1988.

CRUZ, G. H. M.; CUNHA, F. F.; SOUZA, E. J.; SILVA, A. J.; FILGUEIRAS, R.; SILVA, F. C. S. Irrigation frequency and vermiculite proportion in substrate for *Eucalyptus grandis* seedling. **Semina-Ciências Agrárias**, v. 41, n. 5, p. 1495-1506, 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5p1495>.

DA SILVA, A. B.; DAMASCENA, J. F.; LIMA, E. F.; PEREIRA, J. A.; DA SILVA, C. M.; DA SILVA, W. A. Germinação e desenvolvimento inicial de rosa do deserto em diferentes substratos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 7, n. 3, p. 127-134, 2022. <https://doi.org/10.24221/jeap.7.3.2022.4307.127-134>

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Avaliação da qualidade de mudas de abeto branco e pinheiro branco em viveiros. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

EPAMIG. **Circular Técnica**, n. 372, set. 2022.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; AGUIAR, N. S.; PEREIRA, M. O.; MORAES, C.; AMARAL, M. Crescimento, sobrevivência e trocas gasosas de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden submetidas a regimes de irrigação e aplicação de hidrogel. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 17, n. 40, p. 11-20, 2020. <http://dx.doi.org/10.18845/v17i40.4902>

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600003>

FREITAS, T. A. S. D.; BARROSO, D. G.; SOUZA, L. S.; CARNEIRO, J. G. D. A.; PAULINO, G. M. Produção de mudas de eucalipto com substratos para sistema em blocos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 761-770, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500001>

GILBERT, C.; PETER, S.; NG'ETICH WILSON, M. E.; FRANCIS, M.; SYLVESTER, K. Effects of hydrogels on soil moisture and growth of *leucaena pallida* in semi-arid zone of Kongelai, West Pokot County. **Open Journal of Atmospheric and Climate Change**, v. 1, n. 2, p. 13-19, 2014.

GOKAVI, N.; MOTE, K.; MUKHARIB, D. S.; MANJUNATH, A. N.; RAGHURAMULU, Y. Desempenho do hidrogel na germinação e crescimento de sementes de mudas jovens de café em viveiro. **Revista de Farmacognosia e Fitoquímica**, v. 3, p. 1364-1366, 2018.

GROSSNICKLE, S. C. Por que as mudas sobrevivem: influência dos atributos da planta. **Novas Florestas**, v. 43, n. 5-6, p. 711-738, 2012.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: Influence of plant attributes. **New Forests**, v. 49, p. 1-34, 2018.

GUIMARÃES, R. M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 180 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados climáticos da Estação de Viçosa (A510)**. Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 09 jan. 2023.

KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. 218p.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da OEA, Washington, 1983.

MAGUIRE, M. P. Variabilidade no comprimento e na proporção de braços dos cromossomos paquítenos do milho. **Cytologia**, v. 27, n. 3, p. 248-257, 1962.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, 2010.

MELO, L. A. de; ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA, R. R.; SILVA, D. T. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509831574>

MOTE, K.; GOKAVI, N. Performance of hydrogel on post planting behavior of young coffee cv. CXR. **Journal of Crop and Weed**, v. 2, p. 197-203, 2020. <https://doi.org/10.22271/09746315.2020.v16.i2.1337>

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000800013>

OLIVEIRA, R. M.; CUNHA, F. F.; SILVA, G. H.; ANDRADE, L. M.; MORAIS, C. V.; FERREIRA, P. M. O. Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch. **Plos One**, v. 15, n. 5, p. e0232554, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232554>

PATTANAAIK, S. K.; SINGH, B.; WANGCHU, L.; DEBNATH, P.; HAZARIKA, B. N.; PANDEY, A. K. Effect of hydrogel on water and nutrient management of Citrus limon. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 3, p. 1656-1659, 2015.

PATRA, S. K.; PODDAR, R.; BRESTIC, M.; ACHARJEE, P. U.; BHATTACHARYA, P.; SENGUPTA, S.; PAL, P.; BAM, B.; BISWAS, B.; BAREK, V.; ONDRISIK, P.; SKALICKY, M.; HOSSAIN, A. Prospects of hydrogels in agriculture for enhancing crop

and water productivity under water deficit condition. **International Journal of Polymer Science**, v. 2022, p. 1-15, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4914836>.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. F. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke – Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 163-168, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000100023>

RODRIGUEZ, C. A. **Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para o manejo da água e domesticação do Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) em terra firme**. 2020. 102f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal) - Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2020.

RODRIGUES, L. A.; FIGUEIREDO, N. A.; PORTO, V. G. V.; BARROSO, D. G.. CLOD STRUCTURE AND THE QUALITY OF MORINGA SEEDLINGS (*Moringa oleifera* LAM.) GROWN IN COMMERCIAL SUBSTRATE AND IN ORGANIC COMPOSTS. **Revista Árvore**, v. 45, p. e450135, 2021. <https://doi.org/10.1590/1806-908820210000035>

SAEG — **Sistema para Análises Estatísticas**, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes – UFV, 2007.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHORN, L. A.; PANDINI, G.; BITTENCOURT, R.; FENILLI, T. A. B. Definição de idades ótimas para expedição de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em função de sua qualidade e volume de recipientes. **Biotemas**, v. 32, n. 4, p. 19-27, 2019. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n4p19>

SILVA, A. P. D.; COSTA, E.; ESPÍRITO SANTO, T. L. D.; SILVA, L. E. D.; MARTINS, R. F. Coffee seedlings in different substrates and protected environments. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 589-600, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000400001>

SILVA, O. M. D. C.; HERNÁNDEZ, M. M.; ARAÚJO, G. D. C. R.; CUNHA, F. L.; EVANGELISTA, D. V. D. P.; LELES, P. S. D. S.; MELO, L. A. D. Potencial uso da casca de café como constituinte de substrato para produção de mudas de espécies florestais. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1161-1175, out. 2020. <https://doi.org/10.5902/1980509842500>

SILVEIRA, H. R. de O.; SANTOS, M. de O.; ALVES, J. D.; SOUZA, K. R. D. de; ANDRADE, C. A.; ALVES, R. G. M. Growth effects of water excess on coffee seedlings (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 36, n. 2, p. 211-218, 2014. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i2.17557>

SKRZYPCZAK, D.; JARZEMBOWSKI, Ł.; IZYDORCZYK, G.; MIKULA, K.; HOPPE, V.; MIELKO, K. A.; PUDEŁKO-MALIK, N.; MŁYNARZ, P.; CHOJNACKA, K.; WITEK-KROWIAK, A. Hydrogel alginate seed coating as an innovative method for delivering nutrients at the early stages of plant growth. **Polymers**, v. 13, n. 23, p. 4233, 2021. <https://doi.org/10.3390/polym13234233>

SOUZA, L. R.; PERES, F. S. B. Uso de biofertilizantes à base de aminoácidos na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 211-218, 2016. <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.87.1127>

SOUZA, A. M. D. S.; CUNHA, F. F.; FACCIOLI, G. G.; SANTANA, F. S.; SANTOS, K. V. Lettuce fertigation with domestic effluent treated with orange pomace biochar. **Água**, v. 14, n. 20, p. 3272, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14203272>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 719p.

VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S.; CUNHA, R. L. D.; DIAS, F. P. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100006>

VIEIRA, L. M.; GOMES, E. N.; BROWN, T. A.; CONSTANTINO, V.; ZANETTE, F. Growth and quality of Brazilian pine tree seedlings as affected by container type and volume. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 3, p. 276-286, 2019. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v25i3.2059>

YAZDANI, F.; ALLAHDADI, I.; AKBARI, G. A. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, p. 4190-4196, 2007. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.4190.4196>

CAPÍTULO II - Manejo Hídrico de Mudras de Café arábica cultivadas com Polímero Hidroabsorvente e Turnos de Rega em Tubetes de Polipropileno

RESUMO: O café é uma cultura de grande relevância, e fatores variados, como o tipo de recipiente e a disponibilidade de água, influenciam o desenvolvimento de mudras de qualidade. Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar diferentes doses de polímero hidroabsorvente e frequências de irrigação no consumo de água e nas características agrônômicas de mudras de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas em tubetes de polipropileno. O estudo caracterizou o consumo hídrico das mudras em distintos manejos e buscou propor uma metodologia para a gestão da irrigação, além de identificar a melhor dose do polímero hidroabsorvente UPDT® para a produção de mudras e avaliar o efeito de diferentes frequências de irrigação no desempenho das mudras cultivadas com doses variadas de UPDT®. Para a realização dos experimentos, utilizaram-se sementes da espécie *Coffea arabica* L., cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, cultivadas em tubetes de polipropileno de 0,3 dm³. O experimento foi estruturado em parcelas subdivididas (com 2 frequências de irrigação e 4 doses de UPDT), seguindo o delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. As parcelas incluíram frequências de irrigação de dois e quatro dias, enquanto as subparcelas contaram com quatro doses do polímero UPDT: 0 (controle), 0,25%, 0,5% e 1% em volume aplicadas no substrato. A combinação de 0,50% de UPDT e turno de rega de 2 dias apresenta o maior consumo hídrico na produção de mudras do café arábica. Por outro lado, a combinação 1,0% de UPDT e turno de rega de 4 dias apresentou o menor consumo hídrico. Recomenda-se a dose de 0% de UPDT em relação ao volume de substrato para produção de mudras de café em tubetes de polipropileno de aproximadamente 0,3 dm³ de volume. Para essas mesmas condições, recomenda-se o turno de rega de 2 dias (TR2) para irrigação e produção das mudras. Recomenda-se valores de coeficiente de cultivo (Kc) para produção de mudras de 0,15; 0,16 e 0,26 para os períodos de 0-49, 50-84 e 85-159 dias após semeadura, respectivamente.

Palavras-chave: Tubete; Irrigação; Coeficiente; Mudras, Café.

1. INTRODUÇÃO

A produção comercial global de café é dominada principalmente pelo café arábica, que compõe aproximadamente 60% do total (International Coffee Organization, 2022). A produção e o manejo de mudas em viveiros são essenciais para o sucesso do estabelecimento das plântulas (Rochmah et al., 2015) e para a manutenção do desenvolvimento das mudas de café, pois contribuem de maneira significativa para a obtenção de mudas vigorosas adequadas para o transplante (Teshale et al., 2019).

Neste contexto, a produção de mudas de alta qualidade é uma fase crucial do cultivo, constituindo uma das etapas principais do sistema produtivo da cultura (Monteiro Neto et al., 2016). A seca é um fator ambiental que provoca déficit hídrico ou estresse nas plantas de café (Pinheiro et al., 2005).

O estresse hídrico e as temperaturas adversas são considerados os principais fatores ambientais que limitam o crescimento e o rendimento das plantas de café na maioria das áreas de cultivo (DaMatta; Ramalho, 2006). Isso demanda alternativas que possam promover o desenvolvimento da cultura mesmo sob condições de baixa disponibilidade de água.

Entre as tecnologias utilizadas como opção para a utilização eficiente da água, os hidrogéis agrícolas, por proporcionarem benefícios às plantas pela sua peculiaridade de acúmulo de água e nutrientes além de promover melhorias nas características físicas do solo, vêm ganhando expressivo espaço nos últimos 15 anos na agricultura brasileira (Klein; Klein, 2015).

Conforme Saad et al. (2009), os hidrogéis agrícolas funcionam como uma fonte gradual de água e nutrientes para as plantas, permitindo reduzir a frequência de irrigações e minimizando as perdas de nutrientes, o que pode diminuir os custos na produção de mudas.

Outro aspecto importante que afeta a qualidade das mudas é o tipo de recipiente utilizado na produção. Tradicionalmente, as mudas de café arábica são cultivadas em viveiros comerciais que podem utilizar mais usualmente os saquinhos como principais recipientes. A escolha do recipiente é crucial, pois está diretamente relacionada à disponibilidade de nutrientes e água, bem como ao volume e à arquitetura do sistema radicular das plantas (Vallone et al., 2010; Schorn et al., 2019).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses de polímero hidroabsorvente e frequências de irrigação no consumo hídrico e características agrônômicas de mudas de café arábica produzidas em sacos e de polietileno; Para isso, caracterizou-se o consumo hídrico de mudas de café em diferentes manejos e recomendar uma metodologia para gestão de irrigação; definiu-se melhor dose do polímero hidroabsorvente UPDT® para produção de mudas de café e avaliou-se as diferentes frequências de irrigação no desempenho de mudas de café produzidas em tubetes de polipropileno e doses de UPDT®.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área Experimental

O experimento foi montado no Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH), (Figura 7), cujas coordenadas geográficas são longitude 42° 52' 53" W, latitude 20° 45' 14" S e com altitude de 648,74m. Local pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa-MG. O clima da região é classificado como Cwa, temperado úmido com inverno seco e verão quente de acordo com Alvares et al. (2013).

Figura 7 – Área Experimental



O ambiente protegido do CRRH apresenta as seguintes características: dimensões: 6,0 x 7,0 x 3,0 m; abertura da estufa de filme plástico polietileno de alta densidade de 150 micra, transparente, instalado com peça única; telado lateral de

fechamento do ambiente protegido por meio de sombrite 30%, e 3 bancadas experimentais internas de concreto.

2.2 Delineamento Experimental

Para realização dos experimentos foram utilizadas sementes de café da espécie *Coffea arabica* L. e da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. O estudo foi conduzido utilizando tubetes de polipropileno de 0,3 cm³ para produção de mudas do café.

O experimento foi montado em parcelas subdivididas (2 turnos de rega *versus* 4 doses de UPDT), seguindo o delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. As parcelas serão constituídas dos turnos de rega de dois e quatro dias. As subparcelas tiveram quatro doses do polímero hidroabsorvedor UPDT, sendo 0 (testemunha) e 0,25%; 0,5% e 1% em volume.

2.3 Montagem do Experimento

O experimento com tubetes de polietileno com capacidade de 0,3 dm³ foram posicionados em bandejas com 50 células 3 dm³. Para o preparo de 1 m³ de substrato foram utilizados 0,7 m³ de solo de barranco e 0,3 m³ de esterco bovino curtido (EPAMIG, 2022). O solo utilizado apresenta textura argilosa e é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com Santos et al., (2018). O solo foi tratado termicamente por meio da solarização, por 70 dias. Já o esterco bovino curtido foi peneirado e depois de incorporado ao solo, o substrato recebeu 6 kg de superfosfato simples (Ca(H₂PO₄)₂ + CaSO₄ 2H₂O), 1 kg de cloreto de potássio (KCl) e 1 kg de calcário dolomítico (EPAMIG, 2022).

Após a preparação do substrato serão separadas as proporções para as diferentes doses de hidrogel, homogeneizando-os com o auxílio de uma betoneira e com capacidade de 400 L, e logo após preenchimento dos recipientes foi realizada a a semeadura do café. Desde a montagem do experimento, as irrigações foram realizadas nos diferentes turnos de rega.

2.4 Manejo da Irrigação

As mudas de café foram irrigadas por meio de um sistema manual por meio de regadores. Contudo, a necessidade hídrica da cultura foi estimada pelo método direto,

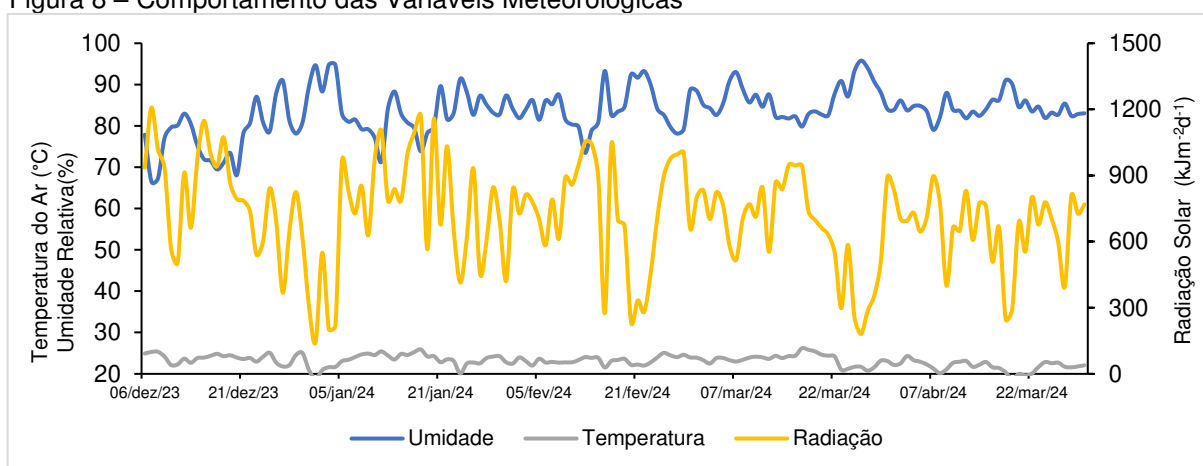
determinando-se diariamente as massas dos recipientes por meio de pesagem com balança digital (0,0001 g). As diferenças entre as massas do dia anterior (referentes à capacidade de campo) e do dia atual corresponderam à perda de água por evapotranspiração (Souza et al., 2022). De acordo com a intensidade de aplicação do sistema foi calculado o tempo de irrigação.

O consumo hídrico foi convertido em taxa de evapotranspiração da cultura (ETc) levando-se em consideração a área vegetada formada por cada unidade experimental. As estimativas da evapotranspiração de referência (ETo) foram obtidas pelo método Penman-Monteith (FAO 56), conforme Allen et al. (1998). A partir dos dados de evapotranspiração da cultura (ETc) e da evapotranspiração de referência (ETo) foi calculado o coeficiente de cultura (Kc) de acordo com a equação 1 (Allen et al., 1998).

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (1)$$

Para a estimativa da ETo diária foram realizadas coletas das variáveis climáticas, obtidas com uso de dados meteorológicos gratuitos de estação automática localizada no município de Viçosa/Brasil, por meio do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). Na figura 8 estão apresentados o comportamento das variáveis meteorológicas durante o período experimental.

Figura 8 – Comportamento das Variáveis Meteorológicas



Fonte: INMET, (2024).

2.5 Variáveis Analisadas

A germinação ocorreu até os 65 dias de experimento, e foram realizadas as seguintes análises:

- Médias de germinação final (GF), obtida pela equação 2 (Carvalho; Carvalho, 2009):

$$GF = \frac{\text{Número total de sementes germinadas}}{\text{Número total de sementes testadas}} \times 100 \quad (2)$$

- Índice de velocidade de germinação (IVG), obtido pela equação 3 (Carvalho; Carvalho, 2009):

$$IVG = \left(\frac{G1}{N1}\right) + \left(\frac{G2}{N2}\right) + \left(\frac{G3}{N3}\right) + \dots + \left(\frac{Gn}{Nn}\right) \quad (3)$$

Em que:

G1, G2, G3, ... Gn são o número de sementes germinadas no primeiro, segundo, terceiro...dias consecutivos de observação;

N1, N2, N3, ... Nn são o número de dias correspondente ao G1, G2, G3, ... Gn.

- Tempo médio de germinação (TMG), em dias, obtido pela equação 4 (Labouriau, 1983):

$$TMG = \frac{\sum (ND)}{\sum N} \quad (4)$$

Em que:

N: Número de sementes germinadas no respectivo dia;

D: Dias contados a partir da sementeira.

- Velocidade Média de germinação (VMG), em sementes/dia, (LABOURIAU, 1983), obtido pela equação 5:

$$VMG = 1/TMG \quad (5)$$

Em que:

TMG: Tempo Médio de Germinação.

As últimas análises biométricas ocorreram por volta dos 141 dias de experimento. A cada 7 dias, após a abertura do primeiro par de folhas verdadeiras, foram realizadas as seguintes análises:

- Altura do ramo ortotrópico: mensurada do coleto ao ápice com uma régua graduada (cm);
- Número de nós no ramo ortotrópico: realizada por meio de contagem manual;
- Número de folhas: realizada por meio de contagem manual;
- Temperatura foliar anterior ao manejo da irrigação: serão obtidos através de termômetro de infravermelho (Marca: B-MAS, Modelo: M-300) medindo-se a temperatura foliar no terço médio da planta do cafeeiro;
- Diâmetro do coleto: começará a ser aferido quando a plântula apresentar coleto a altura de 5 cm do solo. Após isso, as medidas serão realizadas com auxílio de um paquímetro digital (mm);

Ao final do experimento foram realizadas as seguintes avaliações:

- Área foliar: consiste na determinação por meio do escaneamento realizado pelo aparelho com células de área conhecida, expressa em cm^2 , estimada com medidor de área foliar LI-COR modelo LI-3000.
- Qualidade do Torrão: As mudas foram classificadas com base na facilidade de retirar do recipiente, que variou de 5 a 1, onde, 5 – quebra de raiz (não é possível retirar o torrão); 4 – foi muito difícil tirar o torrão, mas foi possível; 3 – dificuldade moderada; 2 – moderadamente facilidade e 1 – fácil de ser removido do tubo (Rodrigues et al., 2021).
- Volume Radicular: com o auxílio do software para parâmetros radiculares, WinRhizo (Bauhus; Messier, 1999).
- Massa fresca e massa seca de folhas, caules e raízes: o material vegetal foi dividido em sacos de papel previamente identificados e pesados por meio de balança analítica com precisão de 0,01g para obtenção da massa fresca. Para a obtenção da matéria seca, o material foi levado para estufa a 65 °C, por 72 horas e depois pesados em balança.
- Índice de qualidade de Dickson: determinado através da equação 11 (Dickson et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (11)$$

Em que:

MST: fitomassa seca total (g);

H: altura da parte aérea (cm);

DC: diâmetro do coleto (mm);

MSPA: fitomassa seca da parte aérea (g);

MSR: fitomassa seca das raízes (g).

- Índice de robustez, segundo DICKSON et al. (1960), obtido pela equação 12:

$$IR = \frac{H (cm)}{DC (mm)} \quad (12)$$

Em que:

H: altura da parte aérea (cm);

DC: diâmetro do coleto (mm).

2.7 Análise dos Dados

A normalidade e homocedasticidade dos resíduos foram avaliadas considerando os testes de Shapiro Wilks e Bartlett, respectivamente. Os dados também foram submetidos às análises de variância, regressão e correlação simples.

Às análises de variância (ANOVA) foram realizadas por meio do teste F a 0,05 de probabilidade. Independente das interações entre os fatores serem ou não significativas, optou-se pelo desdobramento das mesmas. Para o fator frequência de irrigação, a comparação de médias foi realizada por meio do teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Para o fator quantitativo (doses de UPDT) foram testados modelos lineares e quadráticos. A seleção do modelo foi com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 0,05 de probabilidade, no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno biológico.

As análises de correlação simples (r) foram realizadas para todos os parâmetros avaliados, classificando-as de acordo com Cohen (1988): “muito baixo” ($r < 0,1$);

“baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software estatístico SAEG 9.1 (SAEG/UFV, 2007).

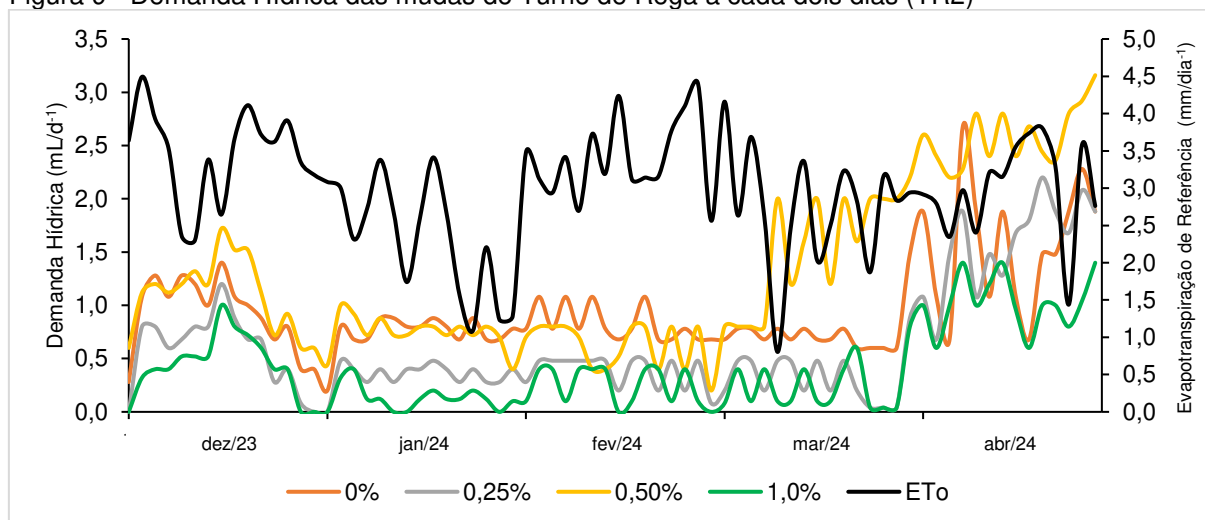
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo Hídrico

A figura 9 apresenta a relação entre a demanda hídrica ($L \cdot d^{-1}$) e a evapotranspiração de referência (ETo , em $mm \cdot d^{-1}$) ao longo do tempo, entre dezembro de 2023 e abril de 2024 para o turno de rega a cada 2 dias (TR2). Observa-se que a ETo flutua bastante ao longo do período, alcançando picos em torno de $8,4 mm \cdot d^{-1}$, especialmente em janeiro de 2024.

As linhas dos níveis de UPDT indicam que a demanda hídrica varia com os níveis de hidrogel. Isso sugere que as diferentes doses afetam diretamente a demanda hídrica das plantas, ou seja, com uma maior dose, percebe-se uma redução na demanda hídrica, possivelmente devido à redução da evapotranspiração. Enquanto as menores doses de hidrogel ao longo do tempo requerem maior demanda hídrica.

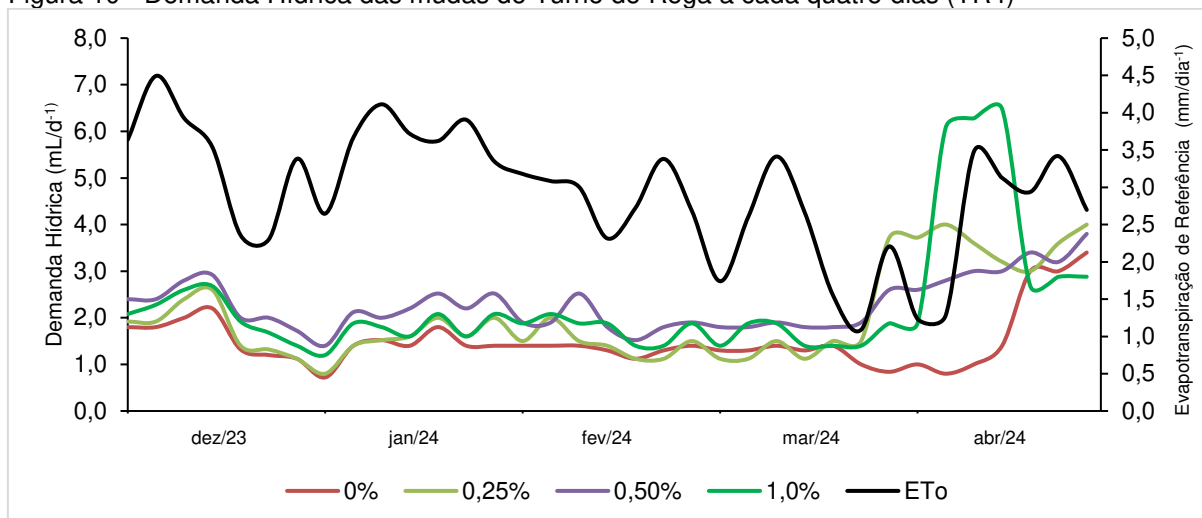
Figura 9 - Demanda Hídrica das mudas do Turno de Rega a cada dois dias (TR2)



Fonte: O autor, (2023).

Para o Turno de rega a cada 4 dias (TR4), a figura 10 demonstra que a aplicação de diferentes níveis de hidrogel no solo tem influência direta na demanda hídrica das plantas. Quanto maior a concentração de hidrogel, maior é a retenção de água no solo, o que se traduz em uma maior demanda hídrica pelas plantas, ou seja, quanto mais hidrogel é usado no solo, mais água ele consegue reter. Isso propicia que as plantas absorvam mais água, uma vez que o hidrogel mantém a umidade por mais tempo. Isso evidencia o potencial do hidrogel em melhorar a disponibilidade de água para as plantas, principalmente em condições de seca ou alta demanda hídrica.

Figura 10 - Demanda Hídrica das mudas do Turno de Rega a cada quatro dias (TR4)



Fonte: O autor, (2023).

A tabela 1 apresentado mostra o consumo hídrico total em litros para diferentes doses de UPDT nos dois turnos de rega, TR2 e TR4. Observa-se que, no tratamento TR2, o consumo hídrico se comporta de maneira irregular, obtendo o maior consumo na dose de 0,50%, mas diminui significativamente na dose de 1,0%. No tratamento TR4, há um aumento no consumo hídrico à medida que a dose aumenta, e estabiliza nos níveis de 0,50% e 1,0%.

Tabela 1 – Consumo Hídrico Total para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com tubete de mudas

DOSE	Consumo Hídrico Total (L)	
	TR2	TR4
0%	70,44	52,54
0,25%	46,64	70,44
0,50%	96,18	79,94
1,0%	30,34	79,68

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias.

Fonte: O autor, (2024).

3.2 Germinação

O resumo da análise de variância (ANOVA) conjugada, suas interações e significâncias constam no apêndice B. A porcentagem de GF (Tabela 2) apresentou as médias superiores estatisticamente nos tratamentos do TR2 nas doses de 0,25% e 1,0%. Apesar de se apresentarem mais altas ainda são valores baixos, uma vez que excesso de umidade, porém, pode provocar decréscimo na germinação, reduzindo a capacidade de penetração do oxigênio no substrato e conseqüentemente o processo metabólico (Figliolia et al., 1993).

O fator de maior influência para a germinação é a disponibilidade de água. A absorção de água promove o amolecimento do tegumento da semente, o aumento do embrião e dos tecidos de reserva, favorecendo a ruptura do tegumento, a difusão gasosa e a emergência da raiz primária (Ramos et al, 2006).

No parâmetro de IVG (Tabela 2), os tratamentos superiores estatisticamente foram o TR2 com 0,25% e 1,0%, ainda que superiores ao TR4, o IVG encontra-se abaixo do ideal, sendo assim essa velocidade mais lenta pode ser explicada por Rosa et al., (2007) que observou que a lenta germinação de sementes de cafeeiro pode ser causada por uma barreira à entrada de água, exercida pelo pergaminho.

Tabela 2 – Valores Médios de Germinação Final (GF), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com tubete de mudas

DOSE	GF (%)		IVG		TMG (dias)		VMG (sementes/dias ⁻¹)	
	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	27,50a	16,25a	11,00a	6,00a	9,00a	6,00a	12,05a	5,28a
0,25%	33,75a	8,75b	14,00a	2,00b	12,00b	3,00a	18,58a	10,48a
0,50%	23,75a	10,00a	10,00a	3,00a	8,00a	3,00a	24,06a	22,77a
1,0%	52,50a	12,50b	21,00a	5,00b	19,00b	4,00a	5,74a	28,40a

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias;

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t (0,05).

Para o TMG (Tabela 2) os valores superiores estatisticamente foram no TR4 com níveis de UPDT de 0,25% e 1,0%, ainda que tenha apresentado superioridade estatística, o baixo valor e o atraso da germinação pode ser devido à compactação do solo à medida que a profundidade aumentava e a exigência de maior energia pelo coleóptilo para romper o solo compactado e emergir culminando na baixa quantidade de sementes germinadas (Ergashov; Saidova, 2021).

Devido a compactação, houve acúmulo de água na superfície do solo, frente a isso, outro problema causado pelo excesso de umidade é o aumento da incidência de fungos, levando à redução da viabilidade da semente (Figliolia et al., 1993), a rizoctoniose. Para o parâmetro de VMG (Tabela 2) os resultados não foram afetados e suas médias não apresentaram diferenças significativas em comparação ao tratamento testemunha.

3.3 Avaliações Biométricas

Para o parâmetro de altura das mudas (Tabela 3) as médias superiores estatisticamente foram encontradas nos tratamentos com doses de 0% e 1,0% no TR2 comparadas ao TR4. Ainda que superiores, a muda apresentava baixa estatura, e a produção de mudas de café em recipientes menores pode estar relacionada a condições menos favoráveis ao acesso de nutrientes e umidade (Ibrahim; Kuf; Belachew, 2015; Silva et al., 2010).

A presença de hidrogel em alguma dose pode ter apresentado um efeito negativo no crescimento das mudas no viveiro em altura. Isso pode ocorrer porque o hidrogel absorve água e preenche os poros do solo, resultando em alagamento nos tubos de polietileno, o que conseqüentemente retarda o crescimento e os parâmetros de desenvolvimento das mudas jovens de café (Mote; Gokavi, 2020; Cheruiyot et al., 2014). A mesma justificativa pode ser aplicada ao número de folhas (Tabela 7), uma vez que os níveis de UPDT foram superiores estatisticamente em todos os tratamentos do TR2.

Tabela 3 - Valores Médios de Altura (H), Número de Folhas (NF), Temperatura Foliar (TF), Diâmetro do Caule (DC), Número de Nós (NN) e Qualidade do torrão (QT) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com tubete de mudas

DOSE	H (cm)		NF		TF (°C)		DC (mm)		NN		QT	
	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	9,75a	4,66b	8,00a	4,00b	27,59b	23,74a	2,71a	1,44b	5,00a	2,50b	2,31b	1,25a
0,25%	3,78a	2,28a	4,00a	1,75b	23,71b	16,74a	1,59a	0,67b	2,5aa	1,12b	1,00a	0,67a
0,50%	4,46a	2,66a	4,00a	1,87b	23,63a	17,32a	1,43a	0,78a	2,50a	1,18b	0,50a	0,43a
1,0%	7,66a	4,55b	6,00a	3,87b	18,14a	13,82a	2,50a	1,26b	3,75a	2,37b	0,75a	0,68a

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias

As médias seguidas pela mesma letra na linha para cada variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto a temperatura foliar (Tabela 3) os tratamentos do TR2 com 0% e 0,25% apresentaram as menores médias, isso é positivo, uma vez que as plantas expostas ao estresse hídrico têm menor evapotranspiração, o que leva ainda ao desenvolvimento de certos sintomas de estresse hídrico, como murchamento das folhas, redução da área foliar, diminuição do crescimento do diâmetro do caule e crescimento atrofiado das plantas (Wanget al., 2015). Outro fator que pode ter contribuído para as baixas temperaturas, foram as temperaturas do ambiente, que se encontravam mais baixas.

Mudas com alto valor de diâmetro de coleto (Tabela 3) indica que haverá boa taxa de sobrevivência após o plantio, conforme Almeida et al. (2005), uma vez que

esse é um indicador das taxas de assimilação líquida de produtos da fotossíntese (Gonçalves et al., 2000). No presente estudo apenas os tratamentos do TR2 com 0%, 0,25% e 1,0% foram superiores estatisticamente ao TR4, demonstrando nesse parâmetro que obteria bons resultados em campo.

No parâmetro de número de nós (Tabela 3), observa-se que o tratamento TR2 apresenta valores mais elevados em comparação com o TR4 em todos os níveis de hidrogel analisados. As médias relacionadas à qualidade do torrão (Tabela 3) apresentaram somente superioridade estatística do nível de 0% do TR4. Conforme postulado por Freitas et al. (2010), um maior desenvolvimento do sistema radicular promove um entrelaçamento mais robusto das raízes, conferindo maior sustentação ao substrato e, conseqüentemente, à formação do torrão. Contudo, vale destacar que somente os tratamentos com valores próximos a 1,0, são considerados satisfatórios.

O conhecimento da área foliar (Tabela 4) é importante na avaliação do crescimento vegetal por estes órgãos estarem relacionados à produção de fotoassimilados, sendo um indicativo de produtividade dos cultivos (Favarin et al., 2002), além de ser requerida para a maioria dos estudos agrônômicos e fisiológicos. Os maiores valores foram encontrados no tratamento do TR2 nas doses de 0%, 0,25% e 1,0%, contudo a superioridade da testemunha pode ser explicada devido fato da ausência do hidrogel que facilita a drenagem de água (Gokavi, et al., 2018; Gilbert, et al., 2014), favorecendo o crescimento da parte aérea.

Tabela 4 - Valores médios de Área Foliar (AF), Comprimento da Raiz Principal (CR), Índice de Qualidade de Dickson (IQD), Índice de Robustez (IR) e Volume Radicular (VR) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com tubete de mudas

DOSE	AF (cm ²)		CR (cm)		IQD		IR		VR (cm ³)	
	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	114,52a	53,35b	13,67a	5,93b	0,14a	0,05b	3,69a	0,85b	1276,25a	397,12b
0,25%	39,69a	26,35a	6,62a	2,56b	0,09a	0,03b	1,18a	0,08b	419,62a	220,62a
0,50%	56,94a	32,37b	5,83a	3,17a	0,06a	0,03a	1,67a	0,84b	126,50a	0,14a
1,0%	95,63a	58,84b	11,31a	8,08a	0,11a	0,03a	2,35a	1,19b	976,12a	375,86b

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias

As médias seguidas pela mesma letra na linha para cada variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto ao comprimento da raiz principal (Tabela 4) os tratamentos de 0% e 0,25% do TR2 demonstraram valores superiores estatisticamente ao TR4, uma vez que a compactação do solo inibe a penetração das raízes e diminui a absorção de

água e nutrientes (Gregory et al., 2007). O pensamento convencional considera que as raízes são incapazes de penetrar em solos compactados porque a força axial de crescimento da ponta da raiz exercida pelas raízes das plantas é menor que a resistência mecânica produzida pelo solo compactado (Correa et al., 2019). Infere-se que a testemunha e o tratamento de menor dose apresentaram solos menos compactados para crescimento da raiz principal em recipientes de tubete.

Com relação ao Índice de Qualidade de Dickson (Tabela 4), pode-se observar valores médios superiores nos tratamentos do TR2 com doses de 0% e 0,25%, uma vez que Souza; Peres (2016) ressaltam que, quanto maior o índice de qualidade de Dickson, melhor a qualidade das mudas.

Quanto ao índice de robustez, observou-se superioridade estatística para todas as doses do TR2 (Tabela 4). Deve-se ressaltar que, para este índice, valores que apresentam relação menor que 10 são consideradas como sendo de maior qualidade (José et al., 2009; Araújo et al., 2017). Contudo de acordo com Carneiro (1995), os valores ideais para essa relação devem estar entre 5,4 e 8,1, o que indica o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, revelando então que as plantas da presente pesquisa estão fora dos valores de referência.

Para volume radicular (Tabela 4), os tratamentos com 0% e 1% de hidrogel no TR2, apresentaram um maior volume radicular nas mudas (Quadro 5). Por ser um indicador da superfície de absorção da raiz, confere uma melhor capacidade de evitar a seca após o plantio no campo (Grossnickle, 2012).

3.4 Fitomassas

Em relação as massas frescas e secas (Tabela 6), a MFF, MSF, MSC, MFR e MSR, os tratamentos do TR2 com doses de 0% e 1%, se destacaram com as maiores médias, contudo é válido destacar a superioridade da testemunha comparada TR4. Sendo assim, no presente trabalho a presença do hidrogel não mostrou contribuir significativamente para esses parâmetros.

Tabela 5 - Valores médios de Massa Fresca de Folhas (MFF), Massa Seca de Folhas (MSF), Massa Fresca de Caules (MFC), Massa Seca de Caules (MSC), Massa Fresca de Raízes (MFR) e Massa Seca de Raízes (MSR) para as respectivas combinações de turnos de rega e dose de hidrogel para o experimento com tubete de mudas

DOSE	MFF(g)	MSF(g)	MFC(g)	MSC(g)	MFR(g)	MSR(g)
------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4	TR2	TR4
0%	2,01a	1,07b	0,52a	0,27b	0,45a	0,45a	0,17a	0,06b	1,38a	0,44b	0,25a	0,07b
0,25%	0,79a	0,45a	0,18a	0,08a	0,15a	0,08a	0,04a	0,02a	0,49a	0,32a	0,12a	0,06a
0,50%	1,04a	0,64a	0,19a	0,16a	0,20a	0,12a	0,04a	0,03a	0,71a	0,44a	0,10a	0,05a
1,0%	1,78a	1,16b	0,40a	0,22b	0,37a	0,20a	0,10a	0,04b	1,47a	0,67b	0,16a	0,05b

TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 - Turno de Rega de 4/4 dias

As médias seguidas pela mesma letra na linha para cada variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.5 Regressões

Na tabela 6, estão apresentadas as regressões de forma mais precisa, Cohen et al. (2003) postulam que, quando o pesquisador está interessado em, tão somente, prever a variável dependente ou o valor de r^2 , o autor não considera ser necessária nenhuma ação adicional. O parâmetro com menor “ r^2 ” foi de Massa Seca de Folhas (MSF) no TR2, com 0,6928, segundo Cohen (1988) foi classificado como alto. Somente o parâmetro H no TR2 apresentou o maior valor de “ r^2 ”, de 0,9999, e foi classificado como quase perfeito.

O ajuste dos dados a modelos polinomiais de diferentes ordens depende da interação entre a variável independente (como as doses de UPDT) e a variável dependente (como os parâmetros analisados). O modelo quadrático (Tabela 6) para os parâmetros avaliados (DC no TR2 e VR em ambos os turnos de rega) indica que a relação pode mostrar um aumento até certo ponto, após o qual a resposta pode começar a diminuir ou se estabilizar. Esse comportamento é comumente observado em experimentos agrícolas, onde uma dose pode ser ideal, mas doses excessivas podem ser prejudiciais.

Para as regressões com modelo de raiz quadrada (Tabela 6), os parâmetros H e MFR nos dois turnos de rega apresentaram o melhor ajuste. Este modelo foi selecionado por sua capacidade de transformar a relação entre as variáveis em uma forma mais linear, o que melhora as métricas de ajuste (r^2).

Portanto, pode-se notar que as regressões e os coeficientes de correlação mostraram ajustes satisfatórios. Os parâmetros que não tiveram ajustes elevados ou quase perfeitos foram considerados médios, uma vez que os modelos matemáticos empregados para prever os resultados não conseguiram capturar adequadamente a relação entre as variáveis.

Tabela 6 – Equações de regressão ajustadas para todas as variáveis de Germinação Final (GF), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG), Velocidade Média de Germinação (VMG), Altura (H), Temperatura Foliar (TF), Diâmetro do Caule (DC), Qualidade do torrão (QT) Área Foliar (AF), Comprimento da Raiz Principal (CR), índice de Qualidade de Dickson (IQD), Índice de Robustez (IR), Volume Radicular (VR) Massa Fresca de Folhas (MFF), Massa Seca de Folhas (MSF), Massa Fresca de Caules (MFC), Massa Seca de Caules (MSC), Massa Fresca de Raízes (MFR) e Massa Seca de Raízes (MSR) em função das doses de gel para os respectivos turnos de rega e os respectivos coeficientes de determinação do experimento com tubetes de mudas

TR	VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	r ²
2	GF(%)	$\hat{y}_1 = 34,37$	-
4		$\hat{y}_2 = 11,87$	-
2	IVG	$\hat{y}_1 = 14,00$	-
4		$\hat{y}_2 = 4,00$	-
2	TMG	$\hat{y}_1 = 12,00$	-
4		$\hat{y}_2 = 4,00$	-
2	VMG	$\hat{y}_1 = 13,08$	-
4		$\hat{y}_2 = 18,76$	-
2	H(cm)	$\hat{y}_1 = 9,7380 - 21,2787^*Dose^{1/2} - 19,2535^*Dose$	0,9948
4		$\hat{y}_2 = 4,6621 - 9,4018^{**}Dose^{1/2} - 9,2906^{**}Dose$	0,9999
2	NF	$\hat{y}_1 = 8,0068 - 14,1904^{**}Dose^{1/2} - 12,1671^{**}Dose$	0,9984
4		$\hat{y}_2 = 4,0152 - 9,3001^*Dose^{1/2} - 9,1231^*Dose$	0,9813
2	TF(°C)	$\hat{y}_1 = 27,5757 - 45,4986^{**}Dose^{1/2} + 36,1149^{**}Dose$	0,9988
4		$\hat{y}_2 = 13,7874 - 29,2994^*Dose^{1/2} + 29,2309^*Dose$	0,9848
2	DC(mm)	$\hat{y}_1 = 2,6719 - 5,1119^*Dose + 4,9565^*Dose^2$	0,9508
4		$\hat{y}_2 = 1,4397 - 2,8368^*Dose^{1/2} + 29,2309^*Dose$	0,9958
2	NN	$\hat{y}_1 = 5,0042 - 8,8689^{**}Dose^{1/2} + 7,6044^{**}Dose$	0,9994
4		$\hat{y}_2 = 2,5092 - 5,6341^*Dose^{1/2} + 5,4774^*Dose$	0,9809
2	QT	$\hat{y}_1 = 2,2801 - 5,8602^*Dose + 4,3409^*Dose^2$	0,9803
4		$\hat{y}_2 = 1,2448 - 2,7147^*Dose + 2,1590^*Dose^2$	0,9972
2	AF(cm ²)	$\hat{y}_1 = 113,84 - 261,59^*Dose^{1/2} + 245,00^*Dose$	0,9532
4		$\hat{y}_2 = 5,3373 - 113,90^{**}Dose^{1/2} + 119,34^{**}Dose$	0,9998
2	CR(cm)	$\hat{y}_1 = 13,7637 - 28,3196^*Dose^{1/2} + 25,6603^*Dose$	0,9322
4		$\hat{y}_2 = 5,9717 - 16,7622^*Dose^{1/2} + 18,7801^*Dose$	0,9695
2	IQD	$\hat{y}_1 = 0,1489 - 5,8602^*Dose + 4,3409^*Dose^2$	0,9803
4		$\hat{y}_2 = 0,0526 - 0,0502^*Dose^{1/2} + 0,0326^*Dose$	0,9755
2	IR	$\hat{y}_1 = 3,6674 - 7,8501^{\circ}Dose^{1/2} - 6,6130^{\circ}Dose$	0,9034
4		$\hat{y}_2 = 0,7437$	-
2	VR(cm ³)	$\hat{y}_1 = 1269,31 - 4335,90^{**}Dose + 4045,04^{**}Dose^2$	0,9978
4		$\hat{y}_2 = 422,99 - 1428,69^{\circ}Dose + 13,94,87^{\circ}Dose^2$	0,7564
2	MFF(g)	$\hat{y}_1 = 2,0064 + 4,4381^*Dose^{1/2} - 4,2331^*Dose$	0,9819
4		$\hat{y}_2 = 1,0711 + 2,4396^*Dose^{1/2} - 2,5338^*Dose$	0,9841
2	MSF(g)	$\hat{y}_1 = 0,5301 - 1,2833^{**}Dose^{1/2} + 1,1608^{**}Dose$	0,9976
4		$\hat{y}_2 = 0,2702 - 0,6007^{\square}Dose^{1/2} + 0,5643^{\square}Dose$	0,6928
2	MFC(g)	$\hat{y}_1 = 0,4516 - 1,0719^*Dose^{1/2} + 0,9954^*Dose$	0,9915
4		$\hat{y}_2 = 0,4502 - 1,1269^{**}Dose + 0,8848^{**}Dose^2$	0,9540

2	MSC(g)	$\hat{y}_1 = 0,1735 - 0,4717 * Dose^{1/2} + 0,4014 * Dose$	0,9935
4		$\hat{y}_2 = 0,0445$	-
2	MFR(g)	$\hat{y}_1 = 1,3841 - 3,5676 * Dose^{1/2} + 3,6619 * Dose$	0,9944
4		$\hat{y}_2 = 0,4455 - 0,6673 * Dose^{1/2} + 0,9031 * Dose$	0,9803
2	MSR(g)	$\hat{y}_1 = 0,2528 - 0,4450 * Dose^{1/2} + 0,3581 * Dose$	0,9733
4		$\hat{y}_2 = 0,0786 + 0,07936 \square Dose - 0,114684^{ns} Dose^2$	0,7266

* – Significativo a 5% pelo “t”; ** – Significativo a 1% pelo “t”; ◊ – Significativo a 10% pelo “t”; □ – Significativo a 15% pelo “t”; ns – Não Significativo a 15% pelo teste “t”. TR2 – Turno de Rega de 2/2 dias; TR4 – Turno de Rega de 4/4 dias.

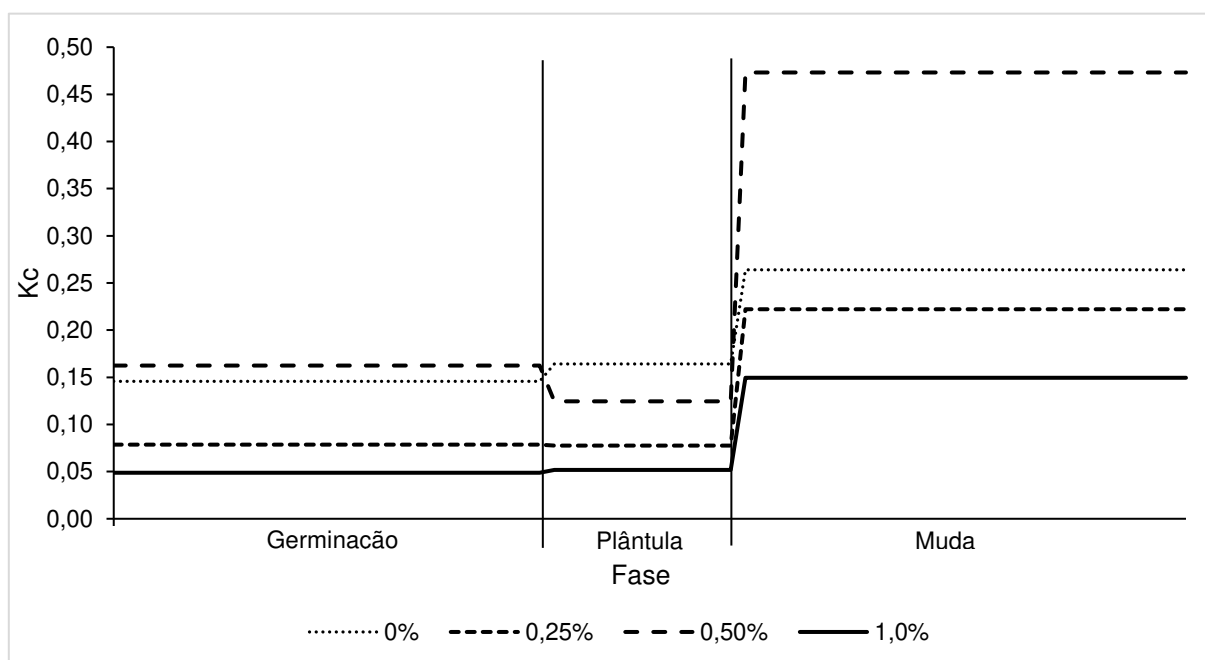
3.6 Coeficiente de Cultura

A determinação precisa da água evapotranspirada pelo sistema solo-planta-atmosfera, assim como o conhecimento do coeficiente de cultivo (Kc), são essenciais na tentativa de racionalizar o uso da água na agricultura. Uma vez que as determinações desses parâmetros se tornem mais acuradas, reduções no custo de produção do sistema agrícola e no impacto ao meio ambiente poderão ser atingidos (Alface et al., 2019; Allen et al., 1998; Oliveira et al., 2020).

Foi constatado, que os valores de Kc na fase inicial do café arábica em viveiro variaram em função do uso da dose de hidrogel, dos turnos de rega e com o desenvolvimento vegetativo. Na figura 5, na fase de germinação e plântula os valores do Kc para o TR2 foram de 0,05 a 0,16. E na fase de formação e de desenvolvimento vegetativo inicial, os valores do Kc foram de 0,15 a 0,47.

Vale lembrar que os valores mais altos de Kc foram encontrados na dose de 0,50%. Esses valores podem ser justificados pelo fato que a oferta de água próximo ao ideal no solo para as plantas nesta fase foi ideal pois elas estiveram em pleno crescimento do caule, formação de folhas, emissão dos primeiros brotos e crescimento longitudinal e laterais (Rodriguez, 2020). Nesse sentido, Taiz et al. (2017) mencionam que, quando há maior quantidade de raízes, a área de superfície de contato aumenta e, portanto, há maior absorção de água.

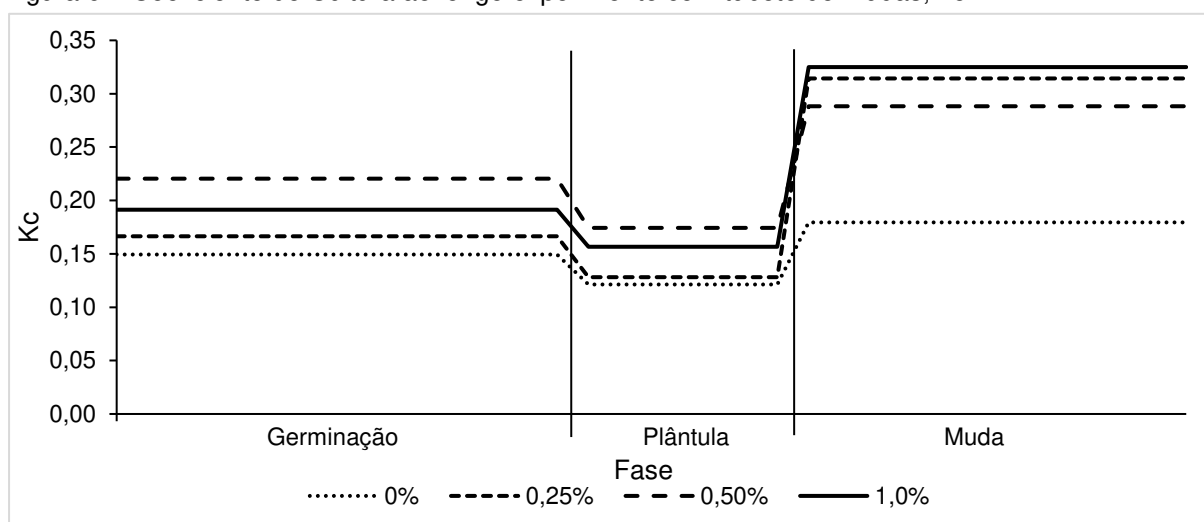
Figura 5 – Coeficiente de Cultura ao longo experimento com tubete de mudas, no TR2



Fonte: O autor, (2024).

Para os valores de Kc no TR4 (Figura 6) em fase inicial do café arábica em viveiro, encontrou-se valores variados em função do uso da dose de hidrogel, dos turnos de rega e com o desenvolvimento vegetativo. Na fase de germinação os valores do Kc para o TR4 variaram de 0,15 a 0,22, após o processo de germinação, na fase de plântula o Kc regrediu para 0,13 a 0,17, e na fase de formação e de desenvolvimento vegetativo inicial, os valores do Kc foram de 0,18 a 0,32.

Figura 6 – Coeficiente de Cultura ao longo experimento com tubete de mudas, no TR4



Fonte: O autor, (2024).

Vale lembrar que os valores mais altos de Kc foram encontrados na dose de 1%. Os altos valores nesse tratamento podem ser justificados pela disponibilidade de água próximo ao ideal no solo para as plantas e o tempo entre regas, uma vez que nesta fase foi ideal como estavam em fase de crescimento ativo do caule, desenvolvimento de folhas, surgimento dos primeiros brotos e crescimento tanto longitudinal quanto lateral (Rodriguez, 2020).

4. CONCLUSÕES

A combinação de 0,50% de UPDT e turno de rega de 2 dias apresenta o maior consumo hídrico na produção de mudas do café arábica. Por outro lado, a combinação 1,0% de UPDT e turno de rega de 4 dias apresentou o menor consumo hídrico.

Recomenda-se a dose de 0% de UPDT em relação ao volume de substrato para produção de mudas de café em tubetes de polipropileno de aproximadamente 0,3 dm³ de volume. Para essas mesmas condições, recomenda-se o turno de rega de 2 dias (TR2) para irrigação e produção das mudas.

Recomenda-se valores de coeficiente de cultivo (Kc) para produção de mudas de 0,15; 0,16 e 0,26 para os períodos de 0-49, 50-84 e 85-159 dias após semeadura, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFACE, A. B.; PEREIRA, S. B.; FILGUEIRAS, R.; CUNHA, F. F. Sugarcane spatialtemporal monitoring and crop coefficient estimation through NDVI. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 330-335, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p330-335>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p. Irrigation and Drainage Paper 56.
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. de S.; GONÇALVES, E. de O.; DE ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i1.3701>
- BAUHUS, J.; MESSIER, C. Avaliação de medidas finas de comprimento e diâmetro de raízes obtidas usando análise de imagem RHIZO. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 1, p. 142-147, 1999.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; FUPEF, 1995.
- CARVALHO, D. B. D.; CARVALHO, R. I. N. D. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma sob influência do envelhecimento acelerado e da luz. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 489-494, 2009. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.585>
- COHEN, J. E. Análise de poder estatístico para as ciências comportamentais. **Hillsdale**, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1988.
- COHEN, J.; COHEN, P.; WEST, S. G.; AIKEN, L. S. **Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences**. 3. ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2003. 567 p.
- CORREA, J.; POSTMA, J. A.; WATT, M.; WOJCIECHOWSKI, T. Soil compaction and the architectural plasticity of root systems. **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 21, p. 6019-6034, 2019. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz383>
- CHERUIYOT, G.; PETER, S.; WILSON, N.; EDWARD, M.; FRANCIS, M.; SYLVESTER, K. Effects of hydrogels on soil moisture and growth of leucaena pallida in semi-arid zone of Kongelai, West Pokot County. **Journal of Atmospheric and Climate Change**, v. 1, n. 2, p. 13-19, 2014.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006>

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: Fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa, 2018. 24 p.

EPAMIG. **Circular Técnica**, n. 372, set. 2022.

ERGASHOV, Z. Z.; SAIDOVA, G. K. Influence of organic fertilizer (biofertilizer) obtained as a result of anaerobic processing on soil fertility and germination of cotton sprouts. **ACADEMIA: An International Multidisciplinary Research Journal**, v. 11, n. 9, p. 893-897, 2021.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. D. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 769-773, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600005>

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Análise de semente. *In*: AGUIAR, J. B.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed.). Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993. p. 173-174.

GILBERT, C.; PETER, S.; NG'ETICH, Wilson; M., Edward; FRANCIS, M.; SYLVESTER, K. Effects of hydrogels on soil moisture and growth of leucaena pallida in semi-arid zone of Kongelai, West Pokot County. **Open Journal of Atmospheric and Climate Change**, v. 1, n. 2, p. 13-19, 2014.

GOKAVI, N.; MOTE, K.; MUKHARIB, D. S.; MANJUNATH, A. N.; RAGHURAMULU, Y. Desempenho do hidrogel na germinação e crescimento de sementes de mudas jovens de café em viveiro. **Revista de Farmacognosia e Fitoquímica**, v. 3, p. 1364-1366, 2018.

GONÇALVES, J. L.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. *In*: GONÇALVES, J. L.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

GREGORY, A. S.; WATTS, C. W.; WHALLEY, W. R.; KUAN, H. L.; GRIFFITHS, B. S.; HALLETT, P. D.; WHITMORE, A. P. Physical resilience of soil to field compaction and the interactions with plant growth and microbial community structure. **European Journal of Soil Science**, v. 58, n. 6, p. 1221-1232, 2007.

GROSSNICKLE, S. C. Por que as mudas sobrevivem: influência dos atributos da planta. **Novas Florestas**, v. 43, n. 5-6, p. 711-738, 2012.

IBRAHIM, M.; KUFA, T.; BELACHEW, K. Effect of pot sizes and coffee cultivars on emergence and subsequent seedling growth of coffee (*Coffea Arabica* L.), South Western Ethiopia. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 5, n. 7, p. 1-10, 2015.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados climáticos da Estação de Viçosa (A510)**. Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 09 jan. 2023.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009. <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/420>

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117014990>

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da OEA, 1983.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, 2010.

MONTEIRO NETO, J. L. L.; ARAÚJO, W. F.; CHAGAS, E. A.; SIQUEIRA, R. H. S.; OLIVEIRA, G. A.; ABANTO-RODRIGUEZ, C. Hydrogels in Brazilian Agriculture. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 4, p. 347-360, 2017. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1139917>

MOTE, K.; GOKAVI, N. Performance of hydrogel on post planting behavior of young coffee cv. CXR. **Journal of Crop and Weed**, v. 2, p. 197-203, 2020. <https://doi.org/10.22271/09746315.2020.v16.i2.1337>

OIC - **ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ**. 2022. Disponível em: http://www.ico/org/trade_statistic.asp. Acesso em: 09 jan. 2024.

OLIVEIRA, R. M.; CUNHA, F. F.; SILVA, G. H.; ANDRADE, L. M.; MORAIS, C. V.; FERREIRA, P. M. O. Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch. **Plos One**, v. 15, n. 5, p. e0232554, 2020. Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch. **Plos One**

PINHEIRO, H. A.; DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v. 96, n. 1, p. 101-108, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000100023>

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. F. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber)

ex ducke – leguminosae-caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 163-168, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000100023>

ROCHMAH, H. F.; WACHJAR, A.; SULISTYONO, E. The Growth of Arabica Coffee Seedling (*Coffea arabica* Linn.) on Various Watering Time Intervals and Shade Intensities. **Asian Journal of Applied Sciences**, v. 3, n. 5, p. 485-491, 2015.

RODRIGUEZ, C. A. **Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para o manejo da água e domesticação do Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth McVaugh) em terra firme**. 2020. 102f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal) - Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2020.

ROSA, S. D. V. F.; VELOSO, C. A. C.; MEIRELES, R. C.; FIGUEIREDO, M. A.; ANDRADE, V. R. Formação de mudas de *Coffea arabica* L. cultivar Rubi utilizando sementes ou frutos em diferentes estágios de desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 349-356, mar./abr. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200013>

SAEG — **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes – UFV, Viçosa, 2007.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHORN, L. A.; PANDINI, G.; BITTENCOURT, R.; FENILLI, T. A. B. Definição de idades ótimas para expedição de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em função de sua qualidade e volume de recipientes. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 32, n. 4, p. 19-27, dez. 2019. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n4p19>

SILVA, J. I.; RIBEIRO, J. P.; FERREIRA, A. C.; MOURA, L. F. S.; SANTOS, V. A. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, v. 5, n. 1, p. 38-48, 2010. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/3936>

SOUZA, A. J. D. J.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SANT'ANA, J. A. D. V.; CASTANHEIRA, D. T. Análise quantitativa do crescimento de plantas de café cultivadas com polímero hidrorretentor em sistema irrigado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 162-171, 2022. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160019>

SOUZA, L. R.; PERES, F. S. B. Uso de biofertilizantes à base de aminoácidos na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 211-218, 2016. <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.87.1127>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 719 p.

VALLONE, H. S.; PINTO, L. R. M.; SILVA, M. F. G.; LIMA, R. B. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100006>

WANG, X.; ZHAO, C.; GUO, N.; LI, Y.; JIAN, S.; YU, K. Determining the Canopy Water Stress for Spring Wheat Using Canopy Hyperspectral Reflectance Data in Loess Plateau Semiarid Regions. **Spectroscopy Letters**, v. 48, p. 492-498, 2015. <https://doi.org/10.1080/00387010.2014.909495>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em ambos os experimentos, a combinação de 0,50% de UPDT e um turno de rega de 2 dias resultou no maior consumo hídrico durante a produção de mudas de café arábica. Isso indica que, independentemente do volume de substrato ou do tipo de recipiente utilizado (saquinhos de polietileno ou tubetes de polipropileno), essa combinação demanda mais água.

Nos dois experimentos, o turno de rega de 2 dias (TR2) foi recomendado para a irrigação e produção das mudas, sugerindo que essa frequência de irrigação é adequada tanto para saquinhos quanto para tubetes.

Contudo, por apresentar superioridade nos valores, o uso de recipientes maiores como o saquinho é mais recomendado, combinado com doses de 0,25% de UPDT, recomendando-se valores de coeficiente de cultivo (K_c) para produção de mudas de 0,19; 0,26 e 0,29 para os períodos de 0-49, 50-84 e 85-159 dias após semeadura, respectivamente.

APÊNDICE A

Tabela – Resumo da ANOVA conjugada das variáveis de altura (H), temperatura foliar (TF), diâmetro do caule (DC), qualidade do torrão (QT), área foliar (AF), comprimento da raiz principal (CR), índice de qualidade de Dickson (IQD), índice de robustez (IR), massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de caules (MFC), massa seca de caules (MSC), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume radicular (VR) para o experimento com saquinho em função do turno de rega e hidrogel.

QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	H	TF	DC	QT	AF	CR	IQD	IR
BL/TR	6	5,25	16,06	0,09	0,30	4404,09	50,68	0,0010	2,59
TR	1	75,64**	521,42**	0,29*	0,03ns	19787,88**	18,47ns	0,0092**	5,12**
DOSE	3	17,05**	56,81**	0,28**	0,51**	9758,32**	63,71*	0,0016ns	3,99**
TR*DOSE	3	2,40 ^{ns}	2,45ns	0,12ns	0,05ns	8377,05*	71,77*	0,0063**	1,23ns
RESÍDUO	114	2,69	2,61	0,05	0,12	2291,95	20,04	0,0018	0,74
CV (%)		12,88	7,87	9,91	30,65	26,14	31,19	32,20	15,84
QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	MFF	MSF	MFC	MSC	MFR	MSR		
BL/TR	6	1,15	0,04	0,04	0,0016	0,96	0,0039		
TR	1	13,35**	1,86**	0,0034ns	0,0001ns	1,6407ns	0,0020ns		
DOSE	3	3,03ns	0,05ns	0,06ns	0,0057*	0,3491ns	0,0083ns		
TR*DOSE	3	4,22ns	0,07ns	0,04ns	0,0019ns	5,6740**	0,0025*		
RESÍDUO	114	80,66	0,08	0,03	0,0021	0,68	0,0113		
CV (%)		24,01	26,48	28,33	27,51	42,53	42,19		
QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	VR							
BL/TR	6	1195440.45							
TR	1	5524779**							
DOSE	3	393370,60ns							
TR*DOSE	3	2054984,00*							
RESÍDUO	50	499754,5							
CV (%)		80,12							

* – F significativo a 5% pelo “t”;

** – F significativo a 1% pelo “t”;

ns – F não significativo a 5% de probabilidade

Tabela – Resumo da ANOVA conjugada das variáveis de médios Germinação Final (GF), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) para o experimento com saquinho em função do turno de rega e hidrogel.

FV	GL	GF	IVG	TMG	VMG
BL/TR	3	2006,25	0,0352	0,0258	264,10
TR	1	4050,00**	0,0739*	0,0505**	257,56ns
DOSE	3	1056,25ns	0,0065ns	0,0047ns	298,77ns
TR*DOSE	3	343,75ns	0,0053ns	0,0046ns	331,82ns
RESÍDUO	18	231,25	0,0037	0,0031	292,29
CV (%)		65,76	65,22	66,26	107,35

* – F significativo a 5% pelo “t”;

** – F significativo a 1% pelo “t”;

ns – F não significativo a 5% de probabilidade

APÊNDICE B

Tabela – Resumo da ANOVA conjugada das variáveis de Altura (H), Temperatura Foliar (TF), Diâmetro do Caule (DC), Qualidade do torrão (QT), Área Foliar (AF), Comprimento da Raíz Principal (CR), índice de Qualidade de Dickson (IQD), Índice de Robustez (IR), Massa Fresca de Folhas (MFF), Massa Seca de Folhas (MSF), Massa Fresca de Caules (MFC), Massa Seca de Caules (MSC), Massa Fresca de Raízes (MFR), Massa Seca de Raízes (MSR) e Volume Radicular (VR) para o experimento com tubetes em função do turno de rega e hidrogel.

QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	H	NF	TF	DC	NN	QT	AF	CR
BL/TR	6	190,63	117,58	1454,41	15,45	45,94	7,47	26450,94	352,76
TR	1	265,65**	220,50**	1977,81**	33,20**	86,13**	4,50ns	36915,54**	626,58**
DOSE	3	128,33**	76,08**	795,58**	8,05**	29,09**	10,50**	19551,57**	288,86**
TR*DOSE	3	21,32ns	6,75ns	137,76ns	0,68ns	2,63ns	1,79**	3364,25ns	41,80ns
RESÍDUO	114	10,78	7,20	89,01	1,19	2,81	1,02	2036,85	32,52
CV (%)		65,96	64,08	65,79	70,44	64,14	106,47	75,57	79,74
QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	IQD	IR	MFF	MSF	MFC	MSC	MFR	MSR
BL/TR	6	0,0252	21,35	10,32	0,49	0,18	0,02	4,29	0,08
TR	1	0,1363**	70,60**	10,61**	0,66**	0,20ns	0,06**	9,51**	0,32**
DOSE	3	0,0154*	15,80**	6,62**	0,48**	0,71**	0,05**	2,96**	0,04*
TR*DOSE	3	0,6835ns	6,72**	0,59ns	0,07ns	0,04ns	0,01*	1,14ns	0,02ns
RESÍDUO	114	0,0053	1,11	0,79	0,04	0,13	0,0066	0,68	0,01
CV (%)		101,42	70,96	79,65	79,91	144,68	122,33	111,39	91,02
QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	VR							
BL/TR	6	855405,17							
TR	1	3257123,00**							
DOSE	3	1944950,00**							
TR*DOSE	3	499283,80ns							
RESÍDUO	50	265964,60							
CV (%)		108,79							

* – F significativo a 5% pelo “t”;

** – F significativo a 1% pelo “t”;

ns – F não significativo a 5% de probabilidade

Tabela – Resumo da ANOVA conjugada das variáveis de Médios Germinação Final (GF), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) para o experimento com tubetes em função do turno de rega e hidrogel.

QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	GF	IVG	TMG	VMG
BL/TR	3	745,83	0,01	0,01	353,78
TR	1	4050,00**	0,07**	0,05**	257,56ns
DOSE	3	352,08ns	0,0065ns	0,0047*	298,77ns
TR*DOSE	3	343,75ns	0,0053ns	0,0046ns	331,82ns
RESÍDUO	18	231,25	0,0037	0,0031	292,29
CV (%)		65,76	65,22	66,26	107,35

* – F significativo a 5% pelo “t”;

** – F significativo a 1% pelo “t”;

ns – F não significativo a 5% de probabilidade