



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DANIELA ANDRESKA DA SILVA**

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA E USO DE CONDICIONADOR DE  
SOLO NA PRODUÇÃO DE TOMATE CEREJA EM AMBIENTE PROTEGIDO**

**FORTALEZA**

**2024**

DANIELA ANDRESKA DA SILVA

ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA E USO DE CONDICIONADOR DE SOLO NA PRODUÇÃO DE TOMATE CEREJA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S579e Silva, Daniela Andreska da.  
Estratégias de irrigação deficitária e uso de condicionador de solo na produção de tomate cereja em ambiente protegido / Daniela Andreska da Silva. – 2024.  
130 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Aleksandro Oliveira da Silva.

1. Solanum lycopersicum var. cerasiforme. 2. produtividade da água. 3. ky. 4. Pós colheita. 5. evapotranspiração. I. Título.

CDD 630

---

DANIELA ANDRESKA DA SILVA

ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA E USO DE CONDICIONADOR DE SOLO NA PRODUÇÃO DE TOMATE CEREJA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em 18/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Luís Henrique Bassoi  
Embrapa Instrumentação  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

---

Dr. Marlos Alves Bezerra  
Embrapa Agroindústria Tropical  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

*Aos meus Pais, Erineide e Benedito. Exemplos de luta e determinação! Pelo amor, dedicação, confiança e pelo esforço realizado para que eu realizasse mais essa etapa da minha jornada.*

***Dedico!***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a ciência, a sabedoria, o discernimento, o equilíbrio emocional, a determinação e superação, dentre diversas outras características essenciais que me conduziram à realização e conclusão de mais uma etapa da minha vida. Agradeço à bem-aventurada sempre Virgem Maria, minha fiel protetora e intercessora.

À minha mainha Erineide Maria da Silva e pai Benedito Raimundo da Silva, a vocês eu devo a vida e quase tudo daquilo que hoje sou. Agradeço de coração, por tudo e por tanto, pela dádiva da vida e por durante toda essa jornada, terem sido meus pilares, meus exemplos, meus tudo! Amo vocês de todo o coração!

Ao meu querido e amado irmão Denilson Raimundo da Silva, pelo apoio, incentivo e fortaleza. Mais ainda, agradeço por ser suporte para nossa família, devido meus estudos ocorrerem distante de casa. Minha total gratidão meu maninho. Amo você!

In memoriam aos meus avós maternos, Maria Alexandrina da Silva e Valdeck Avelino da Silva, que apesar de terem partido na pandemia do Covid-19, estiveram presentes em minha vida desde a infância, me transmitindo sabedoria, muito carinho e amor.

Ao meu namorado Hudson Maia, por todo amor, carinho, paciência, incentivo, compreensão, dedicação e parceria em todo o processo. Obrigada pelo companheirismo, pelas palavras de sabedoria nas horas certas, por tornar meus dias mais felizes e leves. Amo você!

Ao meu orientador Dr. Alessandro Oliveira da Silva, que acima de tudo possui uma humanidade e empatia inigualável, que apesar de se desdobrar em 1.000, consegue estar atento a todos os orientandos. Agradeço muito por me acolher como orientada, pelo apoio, pela paciência, confiança e sobretudo, pela experiência adquirida sob sua orientação. Muita gratidão por essa trajetória da minha vida ter sido realizada sob sua orientação!

Gratidão aos estimados membros da banca examinadora, os professores Dr. Luís Henrique Bassoi e Dr. Marlos Alves Bezerra, por aceitarem o convite para fazerem parte deste momento ímpar da minha jornada acadêmica.

Aos amigos feitos ao longo dessa jornada do mestrado, pelos momentos de descontração e ajuda para realização deste trabalho: Rafael Marques, Arthur Mariano, Karine Pimentel, Davi Rodrigues, Mirelysia Meireles, Davi Cruz, Bruno Gabriel, Maria Vanessa, Eduardo Cavalcante, Fabio Lima, Denilson Raimundo, Hudson Maia, Davi Queiroz, Francisco Gleyson. A todos, minha eterna gratidão pela ajuda. Sobretudo ao Rafael Marques, meu braço direito em todas as etapas do experimento.

Agradeço aos meus padrinhos Edivar Ribeiro, Rosalvo Antônio, Antônio Luiz e minha madrinha Kirina pelas orações contínuas, as quais fortalecem minha fé e me acompanham na jornada em busca dos meus sonhos.

Ao apoio da professora Lucicléia e suporte técnico dos funcionários e estudantes do laboratório de Engenharia de Alimentos para condução das análises físico-químicas dos frutos de tomate cereja. Ao professor Marlos Alves Bezerra, pelo apoio na coleta de dados do potencial hídrico foliar. Ao professor Magno pelo apoio na coleta de dados de trocas gasosas.

Ao apoio técnico e amizade dos funcionários da Estação Agrometeorológica, em especial ao servidor Weverton e aos guardas Slone e Fernando.

A empresa Potyter<sup>®</sup> pela doação do hidrogel para condução do experimento, em especial ao Vendedor Roney que viabilizou essa doação.

Expresso minha gratidão à Universidade Federal do Ceará, bem como a todo o corpo docente e administrativo, por acolher uma jovem e guiá-la até se tornar uma engenheira agrônoma e agora mestra em Engenharia Agrícola. Estendem-se também meus agradecimentos a toda a sociedade brasileira, que sustenta a Universidade Pública e espera que seus graduados contribuam para o desenvolvimento do país.

Agradeço à Capes por fornecer suporte necessário para a conclusão de todas as fases do curso de mestrado, incluindo a concessão da bolsa de estudos e o financiamento do projeto.

Aos trabalhadores rurais, às mulheres e homens do campo, desde os mais humildes até os mais tecnificados, pois sem eles, qualquer avanço na ciência agrícola seria em vão. Agradeço também ao universo e à natureza por nos fornecerem os instrumentos necessários para preservar e aprimorar aquilo que Deus criou!

Expresso meu sincero reconhecimento e gratidão a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho ou de alguma forma tornaram esses dois anos de mestrado mais leves e tranquilos.

Quem pode contar os grãos de areia do mar, as gotas de chuva, os dias do tempo?  
Quem pode medir a altura do céu, a extensão da terra, a profundidade do abismo?  
Quem pode penetrar a sabedoria divina, anterior a tudo? A sabedoria foi criada antes  
de todas as coisas, a inteligência prudente existe antes dos séculos! O verbo de Deus  
nos céus é fonte de sabedoria, seus caminhos são os mandamentos eternos.  
Eclesiástico 1, 1-5.

## RESUMO

Em vista do aumento de áreas subsistindo ao estresse hídrico, a adoção de estratégias visando a elevação da produtividade da água na agricultura irrigada, torna-se indispensável para a segurança hídrica e alimentar. Ademais, considerando a baixa retenção hídrica dos solos rasos arenosos, a aplicação de condicionadores de solos tem evidenciado potencial alternativa na atenuação de problemas associados à disponibilidade hídrica irregular ou deficitária. Diante disto, o presente estudo tem por objetivo avaliar os efeitos do hidrogel como retentor hídrico em solo arenoso com distintas estratégias de irrigação na cultura do tomate cereja (*Solanum lycopersicum*) em condições de cultivo protegido. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados subdivididos (DBC) com esquema fatorial 5x2, referentes às cinco estratégias de irrigação (IP - irrigação plena, DR - irrigação com déficit hídrico regular, E3 - irrigação com déficit hídrico na fase vegetativa, E4 - irrigação com déficit hídrico na fase de floração e frutificação, E5 - irrigação com déficit hídrico na fase de maturação e colheita), onde nos tratamentos com déficit hídrico admitiu-se lâminas equivalentes a 50% da ETc. O segundo fator referiu-se ao uso do polímero hidrogel (com hidrogel – CH, sem hidrogel - SH), constando de três plantas por parcela experimental, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. As variáveis-resposta analisadas na pesquisa foram: Crescimento (altura da planta, diâmetro caulinar, número de folhas, número de flores, abortos florais, comprimento radicular, área foliar, matéria fresca da folha, caule e raiz, matéria seca da folha, caule e raiz), produção do tomate cereja (número total de frutos por parcela experimental, peso total dos frutos por tratamento, diâmetro transversal e longitudinal), análise físico química do fruto (cor, sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável), trocas gasosas (fotossíntese líquida, taxa de transpiração, condutância estomática, concentração de gás carbônico e temperatura foliar), índice SPAD, potencial hídrico foliar, produtividade da água no tomateiro e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico. Para a produtividade, o fator condicionador do solo influenciou positivamente apenas no tratamento DR para as variáveis número total de frutos e peso total dos frutos. Embora submetida a déficit hídrico, a estratégia E3 exibiu resposta similar ao tratamento controle, atribuída dos melhores valores para produtividade do tomate. Apesar das maiores médias da produtividade da água (PA) situarem-se nos tratamentos sem uso do hidrogel, (IP, E4 e E5), a melhor resposta observada foi diante da aplicação da estratégia E3 em plantas conduzidas em vasos com hidrogel. Os maiores valores de sensibilidade ao déficit hídrico foram evidenciados nos tratamentos que sofreram déficit hídrico, sobretudo na fase de

florescimento e frutificação (E4), com leve redução no tratamento com presença do hidrogel. Os resultados apontaram “alta sensibilidade” nas estratégias E4 com hidrogel e DR, E4, E5 sem hidrogel, (1,51; 1,69; 1,80 e 1,56, respectivamente), enquanto que para o status “pouco sensível” evidenciou-se apenas as estratégias DR, E3, E5 com uso do hidrogel e E3 sem uso do hidrogel (0,63; -1,73, 0,18 e 0,59, respectivamente). A estratégia IP, E3 e E5 propiciaram maior ganho na produção de frutos, sendo a última estratégia determinante nas melhores características de qualidade do fruto. A estratégia E3 e E5 resultaram em maior eficiência na produtividade da água na cultura do tomate cereja. As estratégias DR'SH, E4'CH e E4'SH, não devem ser indicadas ao cultivo do tomate cereja, visto maior sensibilidade ao déficit hídrico e produtividade. O uso do hidroretentor é indicado apenas em combinação com a estratégia DR.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*; produtividade da água; ky; pós colheita; evapotranspiração.

## ABSTRACT

In view of the increase in areas subsisting water stress, the adoption of strategies aimed at increasing water productivity in irrigated agriculture becomes essential for water and food security. Furthermore, considering the low water retention of shallow sandy soils, the application of soil conditioners has shown to be a potential alternative in mitigating problems associated with irregular or deficient water availability. In view of this, the present study aims to evaluate the effects of the hydrogel as a water retainer in sandy soil with different irrigation strategies in the cherry tomato (*Solanum lycopersicum*) crop under protected cultivation conditions. The experimental design was in randomized blocks (DBC) with a 5x2 factorial scheme, referring to the five irrigation strategies (FI - full irrigation, RD - irrigation with continuous water deficit, E3 - irrigation with water deficit in the vegetative phase, E4 - irrigation with water deficit in the flowering and fruiting phase, E5 - irrigation with water deficit in the maturation and harvest phase), where in the treatments with water deficit, depths equivalent to 50% of the ETC were admitted. The second factor referred to the use of hydrogel<sup>®</sup> polymer (with hydrogel - CH, without hydrogel - SH), consisting of three plants per experimental plot, with four replications, totaling 40 experimental plots. The parameters analyzed in the research were: Growth (plant height, stem diameter, number of leaves, number of flowers, root length, leaf area, fresh matter of the leaf, stem and root, dry matter of the leaf, stem and root), production of cherry tomatoes (total number of fruits per experimental plot, total weight of fruits per treatment and transverse and longitudinal diameter of the fruits), physical chemical analysis of the fruit (color, total soluble solids, pH and total titratable acidity), gas exchange (photosynthesis net, transpiration rate, stomatal conductance, carbon dioxide concentration and leaf temperature), SPAD index, leaf water potential, water productivity in tomato and coefficient of sensitivity to water deficit. For productivity, the soil conditioning factor positively influenced only the RD treatment in the variables total number of fruits and total weight of fruits. Despite being subjected to water deficit, the E3 strategy showed a similar response to the control treatment, attributed to the best values for tomato productivity. Despite the highest water productivity (WP) averages being found in treatments without the use of hydrogel (FI, E4 and E5), the best response observed was when applying the E3 strategy in plants grown in pots with hydrogel. The highest values of sensitivity to water deficit were observed in treatments that suffered water deficit, especially in the flowering and fruiting phase (E4), with a slight reduction in the treatment with the presence of hydrogel. The results

indicated "high sensitivity" in strategies E4 with hydrogel and RD, E4, E5 without hydrogel, (1.51; 1.69; 1.80 and 1.56, respectively), while for the "low sensitivity" status only strategies RD, E3, E5 with the use of the hydrogel and E3 without the use of the hydrogel were evidenced (0.63; -1.73, 0.18 and 0.59, respectively). The FI, E3 and E5 strategies provided greater gains in fruit production, with the last strategy determining the best fruit quality characteristics. The E3 and E5 strategy resulted in greater efficiency in water productivity in the cherry tomato crop. The RD'SH, E4'CH and E4'SH strategies should not be recommended for cherry tomato cultivation, given their greater sensitivity to water deficit and productivity. The use of the hydroretainer is only recommended in combination with the RD strategy.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*; water productivity; ky; post-harvest; evapotranspiration.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Esquema de desempenho dos hidrogéis superabsorventes no solo.	26
Figura 2	- Representação dos diferentes métodos de irrigação deficitária na cultura do tomate.	34
Figura 3	- Indicadores dos processos de uso da água.	37
Figura 4	- Ensaio experimental para análise de expansão do polímero hidrogel, A: 1g de hidrogel seco em vidro relógio, B: Hidrogel umedecido.	42
Figura 5	- Ensaio da determinação da metodologia de incorporação do hidrogel com o solo. Imagem frontal, imagem superior, (Figura 5A, 5B, respectivamente).	43
Figura 6	- Metodologia de incorporação do hidrogel adotada para o experimento.	44
Figura 7	- Teste da metodologia em campo.	45
Figura 8	- Fases fenológicas da cultura do tomate cereja pêra vermelho. A – Semeadura à fase de condução de mudas; B – Transplântio da muda e condução da fase vegetativa; C – fase de florescimento e frutificação; D – fase de maturação dos frutos e colheita.	46
Figura 9	- Desenvolvimento da cultura do tomate cereja pêra vermelho.	47
Figura 10	- Montagem dos vasos e transplântio das mudas de tomate cereja-pêra. A – Solarização do solo; B – incorporação do hidrogel ao solo; C – montagem dos vasos.	48
Figura 11	- Sistema de irrigação por gotejamento e controle da pressão de serviço.	49
Figura 12	- Teste de uniformidade de sistema de irrigação localizada, calculado no aplicativo UNIIRRIG®.	50
Figura 13	- Cultivo de tomate cereja tutorado verticalmente.	52
Figura 14	- Manejo da irrigação com uso do tanque Classe A.	53
Figura 15	- Tensiômetros instalados nos vasos no início do ciclo (A) e aos 90 DAT (B).	55
Figura 16	- Procedimento para determinação da curva de retenção do solo. A – Amostras na mesa de tensão; B – pesagem em balança analítica de precisão; C – amostras na câmara de Richards; D – dessecador de vidro).	57
Figura 17	- Curva de calibração do solo utilizado no experimento do tomate cereja.	58

Figura 18	- Croqui do esquema de montagem experimental.	62
Figura 19	- Croqui experimental dos tratamentos estudados.	63
Figura 20	- Mensuração dos parâmetros de crescimento das plantas de tomate cereja pêra vermelho. A: altura de planta, B: diâmetro caulinar, C: Comprimento de raiz.	65
Figura 21	- Análise da qualidade dos frutos de tomate cereja. A - Mensuração e pesagem dos frutos de tomate cereja. B - Maceração dos tomates e análise do °Brix.	66
Figura 22	- Irga para coleta de trocas gasosas das plantas de tomate cereja pêra vermelho.	67
Figura 23	- SPAD para coleta de unidades de clorofila das plantas de tomate cereja.	68
Figura 24	- Bomba de Scholander para coleta do potencial hídrico das folhas: Inserção do pecíolo (A) e verificação da exsudação (B).	69
Figura 25	- Fertigrama do solo analisado no presente estudo.	71
Figura 26	- Observação final do teste (A, B, C, D).	72
Figura 27	- Solo indeformado com estruturação do sistema radicular do tomateiro.	73
Figura 28	- Curvas das médias de temperatura do ar e da umidade relativa do ar no interior da estufa em função das médias dos dias após o transplântio das mudas.	74
Figura 29	- Senescência foliar do tomateiro sob estratégia de déficit hídrico regular (DR).	75
Figura 30	- Curvas de retenção de água no solo obtidas no desenvolvimento da cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	76
Figura 31	- Médias e desvios-padrão obtidos para a altura de planta (AP) do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, aos 30 e 60 DAT (A) e 90 DAT (B).	79
Figura 32	- Médias e desvios-padrão obtidos para: diâmetro caulinar (DC) (A), número de folhas (NF) (B), área foliar (AF) (C), massa fresca da folha (MFF) (D), massa fresca do caule (MFC) (E), massa seca do caule (MSC) (F), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.	80

Figura 33	- Médias e desvios-padrão obtidos para o número de flores, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30 DAT (A) e, 60, 90 DAT (B).	83
Figura 34	- Médias e desvios-padrão obtidos para o número de abortos florais (NAF) do tomate cereja, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	84
Figura 35	- Médias e desvios-padrão obtidos para as variáveis: número total de frutos (A), peso total de frutos (B), diâmetro longitudinal (C) e diâmetro transversal (D) de tomate cereja, sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.	86
Figura 36	- Médias e desvios-padrão obtidos para os parâmetros de cor, verde ao vermelho ( $a^*$ ) (A), azul ao amarelo ( $b^*$ ) (B), e cromaticidade ( $C^*$ ) (C), do tomate cereja pêra vermelho, sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.	89
Figura 37	- Médias e desvios-padrão obtidos para o °Brix dos frutos de tomate cereja pêra vermelho aos 60 (1° avaliação) e 90 DAT (2° avaliação), sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.	92
Figura 38	- Médias e desvios-padrão obtidos para a taxa de transpiração (E), condutância estomática (GS) e temperatura foliar (Tleaf) do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.	94
Figura 39	- Médias e desvios-padrão obtidos para a o potencial hídrico foliar das plantas de tomate cereja pêra vermelho aos 60 e 90 DAT, sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.	97
Figura 40	- Médias e desvios-padrão obtidos para a unidade SPAD dos frutos de tomate cereja pêra vermelho aos 30 (A), 60 (B) e 90 DAT (C), sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.	100
Figura 41	- Volumes de irrigação diários ( $\text{mL. planta}^{-1}$ ) no ciclo do tomate cereja pêra vermelho para 100% da ETc.	101
Figura 42	- Comparação visual de plantas submetidas a estratégia de déficit hídrico na fase de florescimento (E4'CH) e frutificação (E4'SH).	102

- Médias e desvios-padrão obtidos para a PA na produção de frutos do tomate cereja pêra vermelho, submetido a distintas estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel. 104
- Evapotranspiração da cultura localizada (ETc loc) durante os 93 dias após o transplântio (DAT) da cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso de hidrogel. 105
- Valores médios de Ky obtidos no cultivo do tomate cereja pêra vermelho submetidos a aplicação de 50% da ETc em distintas fases fenológicas com uso do hidrogel. 107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Estádios fenológicos do tomateiro.	29
Tabela 2	- Características físicas e químicas do polímero hidrorretentor aplicado no estudo.	41
Tabela 3	- Distribuição das fases fenológicas da cultura do tomate cereja- pêra.	46
Tabela 4	- Classificação da uniformidade de aplicação de água.	51
Tabela 5	- Coeficientes da cultura (Kc) do tomateiro.	54
Tabela 6	- Informações extras para o cálculo do tempo de irrigação.	54
Tabela 7	- Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm.	59
Tabela 8	- Análise granulométrica do solo na profundidade de 0-20 cm, realizada no Laboratório de Análises Ambientais e Agrícolas, Monte Carmelo, MG, 2022.	59
Tabela 9	- Conteúdo de macro e micronutrientes minerais aplicados na cultura do tomate cereja pêra vermelho em todo o ciclo de desenvolvimento.	59
Tabela 10	- Resumo das análises de variância (F calculado) da altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), número de flores (NFL), comprimento radicular (CR), área foliar (AF), massa fresca da folha, caule e raiz (MFF, MFC, MFR, respectivamente), massa seca da folha, caule e raiz (MSF, MSC, MSR, respectivamente), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	77
Tabela 11	- Resumo das análises de variância (F calculado) do número de flores (NFL) e abortos florais (NAF), em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, na cultura do tomate cereja pêra vermelho.	82
Tabela 12	- Resumo das análises de variância (F calculado) do número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	85
Tabela 13	- Comparação entre tratamentos e valores médios para luminosidade (L*), verde (-) ao vermelho (+) (a*), azul (-) ao amarelo (+) (b*), cromaticidade (C*) e ângulo hue (H), dos frutos do tomate cereja.	88

Tabela 14	– Análise estatística das variáveis, acidez total titulável (ATT) e potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos aos 60 DAT.	90
Tabela 15	– Resumo das análises de variância (F calculado) dos sólidos solúveis totais (SST), aos 60 e 90 DAT do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	91
Tabela 16	– Resumo das análises de variância (F calculado) para as variáveis fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração de gás carbônico (Ci) e temperatura foliar (Tleaf), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	93
Tabela 17	– Resumo das análises de variância (F calculado) para o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) na cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.	97
Tabela 18	– Resumo das análises de variância (F calculado) para o índice SPAD obtidos na cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.	99
Tabela 19	– Volume de água aplicado por tratamento no experimento e a $ET_c$ calculada.	103
Tabela 20	– Resumo das análises de variância (F calculado) da PA na produtividade de frutos do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	104
Tabela 21	– Valores médios da composição dos coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico no cultivo do tomate cereja sob distintas estratégias de irrigação e uso do hidrogel.	106

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Condicionadores do solo</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Polímero Hidrogel</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3</b>	<b>Cultura do Tomate Cereja (<i>Solanum lycopersicum</i>)</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3.1</b>	<i>Classificação e Morfologia</i> .....	<b>27</b>
<b>2.3.2</b>	<i>Interesse Econômico e Importância da Cultura</i> .....	<b>28</b>
<b>2.3.3</b>	<i>Exigências Edafoclimáticas</i> .....	<b>30</b>
<b>2.3.4</b>	<i>Produção do Tomate Cereja em Cultivo Protegido</i> .....	<b>31</b>
<b>2.4</b>	<b>Irrigação deficitária</b> .....	<b>33</b>
<b>2.5</b>	<b>Produtividade da água e uniformidade de aplicação da água</b> .....	<b>35</b>
<b>2.6</b>	<b>Manejo da Irrigação na Cultura do Tomate Cereja</b> .....	<b>37</b>
<b>2.7</b>	<b>Fator de sensibilidade ao déficit hídrico</b> .....	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Determinação da metodologia de uso do hidrogel no cultivo do tomate cereja</b> .....	<b>40</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Local dos testes</i> .....	<b>40</b>
<b>3.1.2</b>	<i>Teste de expansão do polímero hidrorretentor</i> .....	<b>40</b>
<b>3.1.3</b>	<i>Teste da dinâmica do hidrogel com o solo de estudo</i> .....	<b>41</b>
<b>3.1.4</b>	<i>Dinamismo da raiz de mudas do tomateiro com o hidrogel em solo arenoso</i> .....	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Experimento do tomate cereja pêra vermelho</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Local, semeadura, plantio e manejo da cultura</i> .....	<b>44</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Estimativa da demanda hídrica</i> .....	<b>51</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Curva de retenção de água no solo</i> .....	<b>54</b>
<b>3.2.4</b>	<i>Análise físico-química do solo</i> .....	<b>57</b>
<b>3.2.5</b>	<i>Controle fitossanitário</i> .....	<b>59</b>
<b>3.2.6</b>	<i>Delineamento Experimental</i> .....	<b>59</b>

3.2.7	<i>Variáveis-resposta avaliadas</i> .....	63
3.2.7.1	<i>Parâmetros de crescimento</i> .....	63
3.2.7.2	<i>Parâmetros de produção e variáveis físico químicas do tomate cereja pêra vermelho</i> 64	
3.2.7.3	<i>Avaliações de trocas gasosas</i> .....	66
3.2.7.4	<i>SPAD</i> .....	66
3.2.7.5	<i>Potencial hídrico foliar</i> .....	67
3.2.7.6	<i>Produtividade da água de irrigação (PAir)</i> .....	68
3.2.7.7	<i>Coefficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky)</i> .....	69
3.3	<b>Análises Estatísticas</b> .....	69
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	70
4.1	<b>Determinação da metodologia de uso do hidrogel no cultivo do tomate cereja</b> .	70
4.2	<b>Caracterização da área experimental</b> .....	72
4.3	<b>Potencial hídrico do solo</b> .....	74
4.4	<b>Parâmetros de crescimento da planta</b> .....	76
4.5	<b>Parâmetros de produção do tomate cereja pêra vermelho</b> .....	84
4.6	<b>Análise Físico Química do Tomate Cereja Pêra Vermelho</b> .....	86
4.7	<b>Parâmetros fisiológicos da cultura</b> .....	92
4.7.1	<i>Trocas gasosas</i> .....	92
4.7.2	<i>Potencial hídrico foliar em condições de elevada demanda atmosférica</i> .....	95
4.7.3	<i>Índice SPAD</i> .....	98
4.8	<b>Produtividade da Água</b> .....	100
4.9	<b>Coefficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky)</b> .....	105
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	108
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	109

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada, vanguarda da segurança alimentar global (PUY *et al.*, 2021), demonstrando habilidade para obter rendimentos duas vezes superiores aos da agricultura de sequeiro (FAO 2002; KUKAL; IRMAK, 2019), tem se intensificado conforme evolui o processo de urbanização e desenvolvimento econômico do país (SANTOS *et al.*, 2022), sobretudo em regiões afetadas pela escassez hídrica (ANA, 2021), possibilitando à produção agrícola de diversas culturas mais de uma safra por ano (RODRIGUES; ZACCARIA, 2020).

Segundo a Embrapa (2018), a agricultura seguirá exigindo da ciência soluções que viabilizem o uso mais racional da água e da energia, projetando sistemas de irrigação mais otimizados e, implementando práticas conservacionistas de proteção do solo que reduzam a evaporação. Frente a isso, diversos pesquisadores (GOMAA *et al.*, 2023; BALDEÓN; SHIRLEY, 2022; HENRIQUE *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022; ABRAÃO *et al.*, 2020) têm apostado na utilização de polímeros hidroretentores que visem a redução da lâmina de água aplicada, promovendo aumento da produtividade e sustentabilidade dos recursos hídricos.

Entretanto, apesar de serem promissoras as propriedades e benefícios dos condicionadores, Divinicula (2019) ressalta que, as pesquisas realizadas atualmente, em sua maioria, são direcionadas para a produção de mudas, necessitando de estudos mais aplicados ao ciclo completo das culturas. Ademais, ainda são necessários estudos a fim de verificar os reais efeitos do polímero hidrogel a distintos tipos de solos e culturas, quando submetidos a distintas estratégias de irrigação, sobretudo à irrigação deficitária.

Segundo Davies *et al.* (2011), a irrigação deficitária baseia-se na aplicação de água em uma quantidade abaixo da requerida pela cultura sem comprometimento da mesma. Para tal, Doorenbos e Kassam (1979) sugerem um indicador para quantificar as respostas das culturas ao estresse hídrico, conhecido por fator de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky), que estabelece a relação entre a redução do rendimento e o déficit de evapotranspiração. O Ky auxilia na determinação da gestão hídrica para a cultura, conduzindo a maximização da eficiência do uso da água (SOUSA *et al.*, 2022).

Campos *et al.* (2023) e Malcher *et al.* (2022), revelam que o cultivo do tomate conduzido em ambiente protegido, resulta diretamente em aumento de produtividade. Como exemplo, menciona-se a produção agrícola de Almeria na Espanha, que concentra o maior número de estufas do mundo para produção hortícola (CASTRO *et al.*, 2019), cobrindo cerca de 30.000 ha de área e cerca de 3,3 milhões de toneladas de frutas e vegetais produzidos

anualmente (EGEA, TORRENTE; AGUILAR, 2018). No Ceará, a região da Ibiapaba vem crescendo a passos largos no uso dessa tecnologia, como evidenciado por Miranda *et al.* (2023).

Dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2021), indicam que a produção mundial de tomate em 2021 atingiu cerca de 189,13 milhões de toneladas, sendo no Brasil estimado em 3,68 milhões de toneladas em área de 51,6 mil hectares. Em nível de estados, dados do IBGE (2021) citam Goiás, São Paulo, Minas Gerais e o Paraná, como detentores de 73% da produção. O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2022) aponta estimativa de 7,8% de crescimento na área cultivada para produção do tomate em 2023, haja visto aumento de 5% em 2020, mais de 10% em 2021 e 23,7% em 2022.

No Ceará, segundo dados recentes do IBGE (2021), a região produziu cerca de 166.889 t de tomate, sobretudo em Guaraciaba do Norte localizado na serra da Ibiapaba, com produção de 39.751 t do fruto, conduzido em ambiente protegido. Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos do hidrogel como retentor hídrico em solo arenoso em função de distintas estratégias de irrigação na cultura do tomate cereja (*Solanum lycopersicum*) em condições de cultivo protegido.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Condicionadores do solo

Sendo a agricultura uma atividade altamente dependente do uso do solo para a produção agrícola, a adoção de práticas conservacionistas torna-se imprescindível na prevenção ou atenuação desses processos erosivos. Dentre essas práticas, o uso de condicionadores de solos tem se mostrado eficientes no controle da desertificação e degradação do solo (MAGHCHICHE, HAOUAM; IMMIRZI, 2010), visto promoverem a melhoria das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo (ALMEIDA, 2008). Diversos produtos utilizados como condicionadores são tidos como resíduos industriais, tendo papel importante na agricultura (BABLA *et al.*, 2022; LEITE *et al.*, 2022).

Caron; Graças e Castro (2015), descrevem os condicionadores de solo como substâncias orgânicas que apresentam cadeias carbônicas semelhantes ou iguais aos presentes na natureza, sendo estes oriundos da extração de minas ou turfas, podendo também serem sintetizados industrialmente. Quando extraído da natureza, apresentam composição diversificada, porém, de forma geral, são fontes de ácidos fúlvicos e húmicos (CARON, GRAÇAS; CASTRO, 2015). Outro condicionador de solo atualmente explorado em diversas pesquisas é o biochar ou biocarvão, no qual segundo Teixeira *et al.* (2015), consiste no resíduo orgânico carbonizado, com capacidade de elevar a retenção hídrica e elevar os teores de nutrientes do solo.

A aplicação de condicionadores orgânicos além de melhorar as propriedades do solo também atuam como cobertura de solo, influenciando na redução da perda de água no solo e elevação da capacidade de retenção hídrica (GROSE, 2011). Rashad *et al.* (2013), estudando o uso de componentes extraídos da casca do arroz em solos arenosos, observaram efeito positivo nas propriedades de porosidade, condutividade elétrica, capacidade de retenção hídrica e densidade, sendo a celulose o aditivo expressando maior impacto sobre os resultados.

Polímeros hidroretentores, que permitem o aumento da capacidade de retenção hídrica no solo, com redução da frequência da irrigação, conduzindo ao uso mais eficiente dos recursos hídricos e do solo, resultando no melhor rendimento das culturas (NIMAH; RYAN; CHAUDHRY, 1983; WANG; BOOGHER, 1987) também são considerados condicionadores de solo.

Miranda *et al.* (2011), avaliando distintos condicionadores como gesso, esterco bovino e serragem em um solo salino-sódico, verificaram que os fertilizantes com maiores concentrações de ácidos fúlvicos e húmicos contribuíram para a melhoria das propriedades do solo mais que o gesso. Felipe *et al.* (2020), analisando parâmetros de crescimento e fisiológicos de mudas de eucalipto sob regimes de irrigação e uso do polímero, observaram que o hidrogel otimiza a disponibilidade hídrica, reduzindo a mortalidade e maximiza o crescimento das plantas na fase inicial de estabelecimento.

A Instrução Normativa número 35 de 04 de julho de 2006, diz que um condicionador de solos precisa conter nas especificações de garantia uma capacidade de retenção hídrica mínima de  $0,6 \text{ g.g}^{-1}$  e capacidade de troca de cátions mínima de  $200 \text{ mmolc.kg}^{-1}$  (BRASIL, 2006). Tais especificações segundo Vilela (2017), podem representar um dos obstáculos na comercialização de condicionadores, uma vez que muitos dos materiais utilizados não atendem aos requisitos mínimos de qualidade.

## 2.2 Polímero Hidrogel

Os hidrogéis podem parecer semelhantes externamente, entretanto, suas diferenças na estrutura física e constituição química podem afetar não só a maneira como ele absorverá, como sua forma de reter e liberar água e nutrientes (DUSI, 2005). Segundo Dusi (2005), os polímeros, podem ser classificados em três diferentes grupos:

- Grupo I: A água permanece irreversivelmente confinada devido a uma forte ligação H-H, ficando 100% retida dentro do hidrogel, sem nenhuma liberação;
- Grupo II: Possui a capacidade de absorver uma grande quantidade de água, mas uma fraca ligação física impede a retenção prolongada da água no hidrogel. A água é perdida em poucos dias.
- Grupo III: A água é confinada por uma fraca ligação de hidrogênio, permitindo a absorção e liberação ao longo de períodos extensos (TERRACOTTEM, 1998; VILJOEN, 1977), sendo estes os tipos utilizados na agricultura (DUSI, 2005).

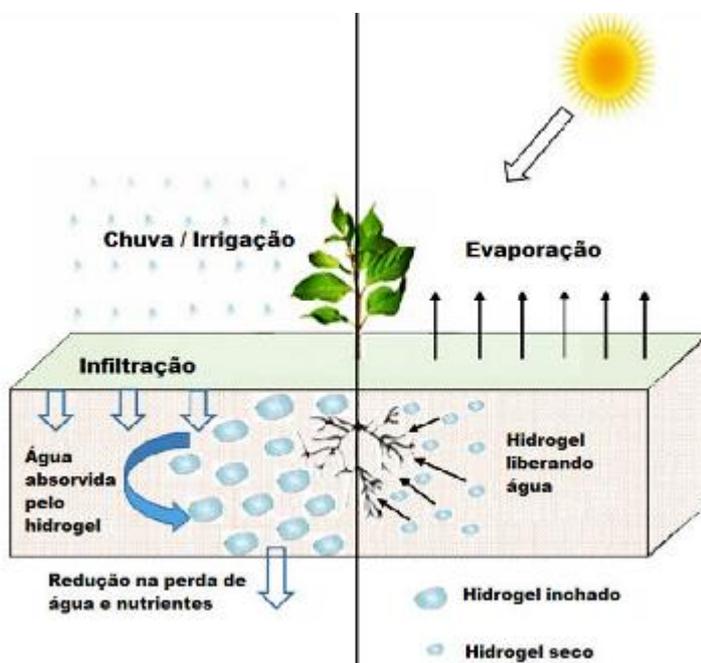
Esses polímeros, quando secos, apresentam característica granular de coloração branca, manifestando a forma de gel transparente apenas após hidratados (MURAIISHI, 2012). Azevedo *et al.* (2002), relatam que estes são insolúveis em água, apresentando capacidade de reter mais de cem vezes a sua própria massa em água. De acordo com Ahmed (2015), os polímeros podem ser categorizados com base em sua origem, sendo classificados como

sintéticos ou naturais. Os naturais têm a preparação de origem natural (quitosana, alginato, ácido hialurônico, amido, entre outros) (AHMED, 2015), enquanto os polímeros sintéticos são resultantes de reações de polimerização envolvendo monômeros artificiais. (BORTOLIN, 2014).

Segundo Fernandes (2016), a absorção de água na cadeia polimérica do hidroretentor deve-se à hidrofiliicidade das cadeias, havendo inicialmente confinamento da água por meio de uma forte ligação nas moléculas mais polares da estrutura polimérica. Seguidamente, processa-se o aumento da estrutura polimérica, mantendo-se mais expostas as moléculas mais hidrofóbicas (SABADINI, 2015), enquanto que a expansão dos grupos no interior da molécula conduz ao surgimento de interação mais fracas entre as moléculas de água (DAS, 2012). A água pode ser retirada do polímero por diferença de potencial realizada pela evaporação atmosférica ou pelas raízes das plantas (JOHNSON, 1984).

Segundo Macedo (2022) esses polímeros superabsorventes podem ser considerados como mini reservatórios de água no solo, liberando gradualmente água e fertilizantes para as plantas por diferença de pressão osmótica (Figura 1).

**Figura 1.** Esquema de desempenho dos hidrogéis superabsorventes no solo.



Fonte: Macedo (2022)

A dosagem deve-se adequar à textura do solo e a cultura de interesse, visto o excesso de polímero hidroretentor no solo possibilitar a proliferação de patógenos, como a de

murcha-fitóftora (*Phytophthora capsici*) em pimentão, decorrente da alta retenção hídrica (PEREIRA; CARVALHO; PINHEIRO, 2013). Todavia, segundo Cabral (2021) as metodologias de uso do polímero em termo de dosagem em diversas culturas não são concretas, assim como no parcelamento da adubação e quanto pode-se reduzir na quantidade de água a ser aplicada, necessitando de mais pesquisas nesse campo.

Albuquerque Filho (2009) estudando a eficiência do uso da água na cultura do coentro e salsa conduzidos com polímero hidrorretentor, verificou resultados satisfatórios, mesmo sob irrigação deficitária, utilizando uma dose de hidrorretentor adequada. Felix (2018), estudando a cultura da couve-chinesa submetida a níveis de irrigação e doses de hidrogel observou que a aplicação de 30,4 g de hidrogel em vasos de 12 L, proporcionou maior produção (21, 98 t ha<sup>-1</sup>). Mendonça; Querido e Souza (2015), evidenciaram economia de 12% de água no cultivo da alface, quando aplicado 300 mL do polímero hidratado por cova (4 g L<sup>-1</sup> de água).

Willingham Júnior e Coffey (1981) constataram que mudas de tomateiro conduzidas em substrato com polímero hidrogel exibiram uma antecipação no plantio de uma semana em comparação com as mudas produzidas em substrato sem presença de hidrogel. Semelhantemente Marques e Bastos (2010) observaram que quando adicionaram 2,0 g de hidrogel em 2,5 kg de substrato em mudas de pimentão resultou na obtenção de mudas mais desenvolvidas, com maior massa seca da parte aérea decorrente do maior número de folhas.

Em estudo na cultura do rabanete, Idrobo; Rodriguez e Ortíz (2010), observaram que a inclusão de 40 g de hidrogel hidratado em 130 g de solo arenoso resultou no aumento de 8,75% na quantidade de água disponível, quando comparado com a dose de 30g de hidrogel. Mendonça *et al.* (2013), estudando o uso do hidrogel, verificaram que, todas as doses aplicadas elevaram a condutividade elétrica do solo e a capacidade de armazenamento hídrico no solo, sendo a dose de 4 g por vaso para 8,0 kg de solo considerada a mais vantajosa, visto o custo benefício do produto.

Para Cabral (2021) uma desvantagem no uso do polímero atrela-se ao seu manejo incorreto, devido pouca informação, pois são escassas as recomendações do fabricante para distintas cultivares encontradas no mercado, muitas vezes empírica, sobretudo, na olericultura. Hafle *et al.* (2008), comentam também que um fator limitante ao uso desse hidrorretentor é o seu alto custo, podendo este ser minimizado quando obtido resultados positivos em uso de doses mais baixas.

## 2.3 Cultura do Tomate Cereja (*Solanum lycopersicum*)

### 2.3.1 Classificação e Morfologia

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma hortaliça pertencente à família das solanáceas, com centro de origem na América do Sul, sendo esta, da mesma família da pimenta, berinjela e pimentões (MELO, 2007). Conforme classificação de Linnaeus, a cultura do tomate está inserida no gênero *Solanum*, pertencente à classe Dicotyledonae, ordem Tubiflorae, família Solanaceae, gênero *Solanum*, e subgêneros *Eulycopersicon* e *Eriopersicon* (MARINHO, 2018). O tomate cultivado comercialmente pertence à espécie *Solanum lycopersicon* (ALVARENGA, 2004). Conforme Alvarenga (2004), a espécie do tomate cultivado comercialmente é identificada como *Solanum lycopersicon*.

A cultura geralmente ostenta crescimento indeterminado, apresentando folhas compostas e alternadas, sendo a inflorescência com formato de rácimo, caracterizando-se por flores autógamas e hermafroditas, apresentando fruto do tipo baga, com bi, tri ou multiloculado (MARINHO, 2018). As folhas são dispostas de forma alternada, com um folíolo terminal de tamanho maior e seis a oito folíolos laterais menores, frequentemente compostos (ALVARENGA, 2013). A quantidade de flores é variável, podendo apresentar-se completas e com coloração amarela (FILGUEIRA, 2008).

O sistema radicular da cultura é composto por uma raiz central, no qual interliga-se a raízes laterais, podendo chegar a profundidade de 1,5 m (FERREIRA, 2016). O caule é flexível, semilenhoso ou lenhoso e cresce verticalmente, apresentando uma haste envolvida por pelos glandulares, que havendo o crescimento da planta, este torna-se fino e lenhoso, não suportando o peso da planta na vertical (FERREIRA, 2016). Diante dessa condição, frequentemente emprega-se o auxílio do tutoramento para proporcionar suporte à planta.

Quanto à coloração, o fruto pode transitar de amarelo para vermelho, sendo seu peso segundo Alvarenga (2004) de 5 até a 30 g, totalizando em cada galho cerca de 6 a 18 frutos, ou mais, dependendo das condições. Azevedo; Abboud e Carmo (2010) relatam que os frutos podem exibir crescimento determinado e indeterminado, com diâmetro médio de 1 a 4 cm. No período de maturação, o fruto pode apresentar cor amarela, rosa, alaranjado e vermelho na maioria das vezes, podendo ser na forma ovalada, redonda, comprida ou piriforme (FILGUEIRA, 2008; MACIEL; SILVA, 2008), sendo esta última forma a adotada no presente estudo.

Estima-se que a composição do tomate-cereja apresenta cerca de 93% de água, sendo nos 7% restantes composto por ácidos orgânicos, sólidos insolúveis em álcool, compostos inorgânicos, açúcares entre outros compostos (SILVA; GIORDANO, 2006). Segundo Ripoll *et al.* (2016), o tomate constitui uma fonte significativa de vitaminas B, C e E, além de fornecer fibras, fósforo, potássio, compostos fenólicos e carotenóides. A qualidade do fruto é um fator crucial para o sucesso na comercialização. Segundo Matos (2010) a busca por alternativas de manejo é impulsionada não apenas pelo aumento de produtividade, mas pelos atributos de brilho, cor, formato, tamanho e firmeza do fruto.

Segundo Rocha (2009), a fenologia do tomateiro divide-se em quatro fases, sendo estas: crescimento vegetativo, florescimento, fase de frutificação e colheita (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estádios fenológicos do tomateiro.

<b>Estádios Fenológicos</b>	<b>Caracterização</b>
Crescimento vegetativo	O intervalo entre a semeadura e o surgimento do primeiro cacho floral (51% das plantas).
Florescimento	Período que vai desde o surgimento do primeiro cacho floral em 52% das plantas até 51% dessas plantas apresentarem frutos.
Frutificação	Período que vai desde o momento em que 52% das plantas apresentam frutos até 51% dessas plantas atingirem o ponto de colheita.
Colheita	Período que compreende desde o momento em que 52% das plantas têm frutos em ponto de colheita até o encerramento da colheita.

Fonte: Adaptado de Rocha (2009)

### **2.3.2 Interesse Econômico e Importância da Cultura**

O maior produtor de tomate em dimensões mundiais é a China concentrando produção anual em mais de 56 milhões de toneladas em aproximadamente um milhão de hectares de área cultivada (CONAB, 2019). A FAOSTAT (2018) ressalta que, nesse mesmo ano, o Brasil produziu cerca de 4.167.629 toneladas, com produtividade média de 65,14

toneladas por hectare em uma área de 63.980 hectares. Segundo dados da FAO, o Brasil está classificado como o 9º maior produtor de tomate globalmente, contribuindo com 2,5% da produção mundial (DOSSA; FUCHS, 2017).

Segundo o Database Comtrade Nações Unidas (2018) o mercado de exportações do tomate resfriado e fresco em 2017 totalizou 6,5 milhões de toneladas com US\$ 7,9 bilhões de dólares, sendo segundo a CONAB (2019), o México o principal exportador, seguido da Holanda e Espanha com 26,8%, 16,8% e 12,4% respectivamente. De acordo com a Database Comtrade Nações Unidas (2018), o Brasil participou nas exportações em apenas 0,1%, sendo os maiores exportadores Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina.

O tomate cereja destaca-se tanto pela sua ampla aceitação no mercado quanto pelo seu alto valor comercial, visto apresentar variedades regionais tolerantes a doenças foliares e pragas (SOUSA, 2003). Segundo ABH (2012) a diferença entre o tomate cereja e o tomate tradicional é notória visto o primeiro apresentar-se mais adocicado e saboroso, sendo este consumido como fruta ou tira-gosto. Soares (2019) ressalta que enquanto o °Brix do tomate tradicional apresenta-se de 4 a 6, as variedades de tomate cereja já apresenta de 9 a 12 °Brix.

Atualmente, a Embrapa Hortaliças divide a cultura do tomate para consumo in natura em quatro grupos: Italiano, Santa Cruz, Salada e Cereja (FURQUIM; NASCIMENTO; CORCIOLI, 2021), havendo este último, segundo a Embrapa Hortaliças (SILVA *et al.*, 2010), demonstrado aumento na demanda pelos consumidores. Os tomates cereja desse grupo foram introduzidos no Brasil nos primeiros anos da década de 90, e vem adquirindo nos últimos anos maior atratividade, devido à crescente demanda no consumo in natura. (JOSÉ, 2013) comercializadas geralmente em embalagens de 200 a 250 g (NASCIMENTO, 2013). Segundo Kechinski e Thys (2000), no Brasil a introdução ocorreu na virada do século, através dos imigrantes italianos.

Segundo Porto e Oliveira (2006), o tomate é abundante em licopeno, um carotenóide responsável pela cor vermelha, que funciona como antioxidante na proteção do DNA e das células, auxiliando na prevenção de alguns tipos de câncer e de doenças cardiovasculares. E devido a tal atratividade e benefícios do fruto, Maciel *et al.* (2016), explica que as empresas responsáveis pela produção de sementes estão, atualmente, expandindo seus portfólios de tomates cerejas, incluindo diferentes formatos, cores e aumentando o número de frutos por cacho.

O tomate embora classificado como um fruto, é estudado como uma hortaliça, visto apresentar-se essencial na dieta brasileira como parte integrante de saladas, sendo este um dos

mais consumidos depois da alface (CONAB, 2019). A nomenclatura “cereja” ainda é bastante controversa, visto as diversas conformações no formato, o que tornaria mais adequado segundo os pesquisadores, o termo mini tomate, entretanto, “cereja” tornou-se amplamente aceito e difundido (SILVA JÚNIOR; PRANDO, 1989; FONTES; SILVA, 2005).

### 2.3.3 Exigências Edafoclimáticas

Para o crescimento e desenvolvimento ideal do tomateiro, diversos fatores são levados em consideração no momento do plantio, incluindo a variedade, o tipo de solo e suas propriedades, a temperatura do ambiente, a umidade relativa do ar, a radiação solar incidente, a quantidade de água aplicada, a nutrição adequada da planta e a concentração de CO<sub>2</sub>. Dentre estes fatores citados, a temperatura, segundo Silva *et al.* (2011), é o que mais afeta o tomateiro. Não obstante as condições climáticas favorecerem o desenvolvimento da cultura, o local de implantação é de grande relevância, visto o histórico da sociedade retratar quais atividades a serem exercidas na área (NEVES, *et al.*, 2013).

Nascimento; Melo e Freitas (2012) citam que para a germinação da semente do tomateiro, a faixa de temperatura considerada ideal situa-se entre 20 a 25 °C, sendo temperaturas próximas de 15 ou 35 °C inapropriadas para uma boa germinação, divergindo de Silva *et al.* (2006), que ressaltam temperatura ótima entre 15 °C a 25 °C e que são capazes de suportar faixas com variações de 10 °C a 35 °C. Quanto ao pegamento do fruto, a faixa ótima de temperatura diurna situa-se entre 19 a 24 °C, enquanto a noturna varia de 14 a 17 °C (NASCIMENTO; MELO; FREITAS, 2012).

Goto (1998) relata que o fator temperatura interfere na formação do grão de pólen, no desenvolvimento das flores e do tubo polínico, nos níveis hormonais vegetais e no amadurecimento dos frutos, devido cada processo depender de temperaturas consideradas ótimas para atuação hormonal. Entretanto, Rocha (2007) cita que embora o tomateiro não tolere altas temperaturas, é possível que determinadas cultivares apresentem tolerância ao estresse térmico.

A cultura do tomateiro é indiferente ao fotoperíodo, entretanto, em baixa intensidade luminosa, alguns processos como floração, fecundação e desenvolvimento vegetativo podem ser prejudicados (NASCIMENTO; MELO; FREITAS, 2012). Em relação a umidade do ar, esta não possui efeito direto no desenvolvimento da cultura, porém pode implicar no favorecimento de fitopatógenos como fungos e bactérias (SILVA, 2020).

De acordo com Giordano e Silva (2000), o tomateiro demonstra uma notável capacidade de adaptação a diversas condições climáticas, sendo essa uma das razões que explicam porque essa cultura é cultivada em praticamente todo o mundo. No entanto, dadas as condições de clima tropical, o cultivo em campo aberto é viável apenas em épocas que as temperaturas são mais amenas (GOTO, 1995). Desse modo, segundo Purquerio e Tivelli (2006), para o melhor controle das condições edafoclimáticas de uma produção, o cultivo protegido apresenta-se como uma técnica viável ao cultivo do tomate.

Conforme Costa *et al.* (2015), no tomate cereja, as cultivares “Pêra Vermelha”, e “Pera Amarela” exibem maior rendimento quando conduzidas em ambiente protegido com telado preto de 50% de sombreamento, em comparação com estufa de filme plástico e tela aluminizada com 50% de sombreamento.

#### **2.3.4 Produção do Tomate Cereja em Cultivo Protegido**

Diante dos diversos fatores que influenciam significativamente na produção do tomate cereja, a aposta do cultivo protegido pelos produtores têm sido a melhor estratégia de controle tanto dos fatores abióticos (temperatura, radiação, umidade relativa do ar, intensidade do vento, chuvas, etc.), quanto dos fatores bióticos (ataque de pragas e doenças). Ademais, Purquerio e Tivelli (2006) destacam que o cultivo em ambiente protegido permite a produção ao longo do ano, devido à menor interferência dos fatores climáticos na produção. Pereira (2002) cita que o ambiente protegido eleva os rendimentos, bem como a qualidade dos produtos para a comercialização, sobretudo fora das épocas convencionais de cultivo.

No Brasil, os primeiros registros do cultivo em ambiente protegido datam de pesquisas no final dos anos 1960, sendo apenas no fim dos anos 1980 que passou a ser amplamente difundido (GRANDE *et al.*, 2003; SANTOS; SEABRA JUNIOR; NUNES, 2010). Dentre as estufas mais comumente instaladas, as de arco, capela e geminados são as mais conhecidas. A estufa em arco é conhecida por ser um modelo simples e econômico, ideal para culturas baixas, já a modelo capela recorda a estrutura de uma igreja, ideal para locais que existem contrastes térmicos, visto a inclinação do telhado impedir que a água condensada caia sobre as plantas.

Segundo Reis (2013), o cultivo protegido tem se expandido objetivando tanto o aumento da produtividade quanto da qualidade dos produtos agrícolas, proporcionando uniformidade na produção. Whatley e Whatley (1982) comentam que plantas conduzidas em

ambiente sombreado exibem maior área foliar e altura do que as conduzidas a pleno sol. Os mesmos autores explicam que isso ocorre porque a exposição solar favorece a formação de células longas, enquanto que o sombreamento intensifica a formação de parênquima lacunoso, o que segundo Kendrick e Frankland (1981) justifica estas últimas apontarem maior massa de folhas na planta.

Nos cultivos protegidos de olerícolas, há uma variedade elevada devido a diversos fatores, como manejo mais intensivo, ausência ou presença de frutos adequados para serem colhidos em determinado tempo assim como as diversas colheitas ocorridas para algumas culturas e, proximidade das plantas cultivadas com as laterais da estufa (LOPES *et al.*, 1998; LÚCIO *et al.*, 2004; LORENTZ *et al.*, 2005). Antunes *et al.* (2007) revelam que de maneira geral, o ambiente protegido propicia produtividade superior às produzidas em campo.

Radin (2002), estudando diferentes ambientes no tomateiro observou que quando cultivado em estruturas cobertas, reduziu-se cerca de 30% da radiação fotossinteticamente ativa. Essa condição resultou em um aumento de cerca de 43% na eficiência do uso da radiação durante a temporada de verão-outono e 33% na temporada de primavera-verão (Randin, 2002). Santiago *et al.* (2018), avaliando a qualidade do tomate cereja cultivado em ambiente protegido e aberto, sob lâminas de irrigação evidenciaram que apenas a acidez titulável foi influenciada significativamente unicamente pela lâmina de irrigação, não sendo observado a influência do ambiente de cultivo.

Conforme Reis *et al.* (1991), em sua avaliação com nove cultivares de tomateiros conduzidos tanto em ambiente protegido quanto a céu aberto, seis cultivares exibiram um rendimento significativamente maior (com média de 52%) quando conduzidos sob filme plástico em comparação com cultivo em campo. Do mesmo modo, Gualberto *et al.* (1998), estudando seis híbridos de tomate conduzidos a céu aberto e ambiente protegido, em São Paulo, constataram aumento de aproximadamente 40% no rendimento de frutos comerciais quando cultivados em ambiente protegido em comparação com o cultivo a céu aberto.

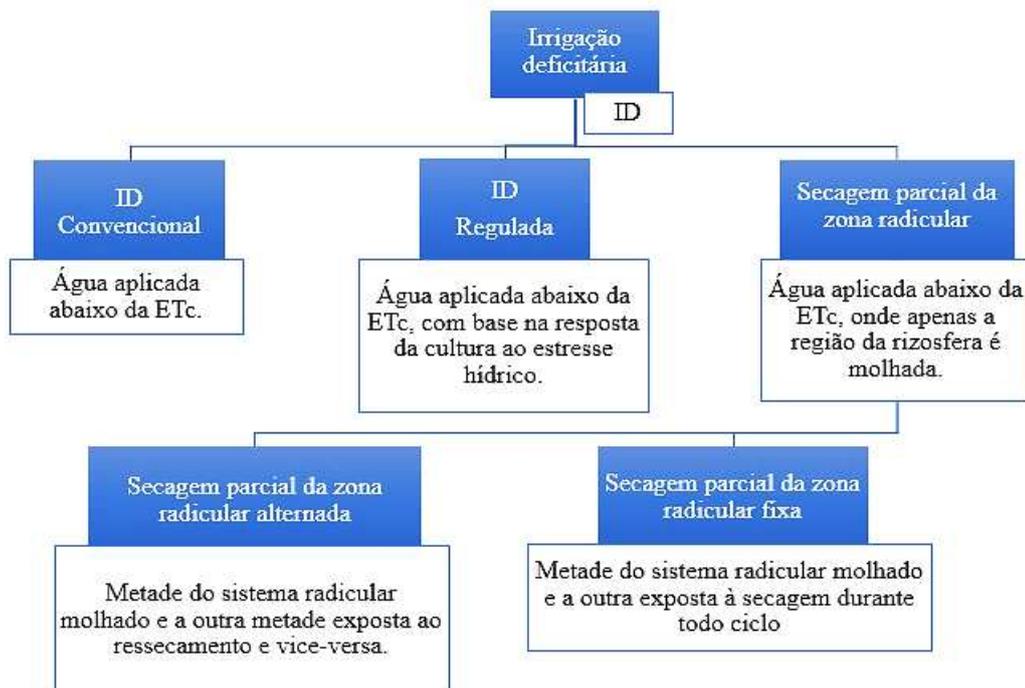
Segundo Rocha (2007), para a olericultura, esses ambientes proporcionam robustez dos conceitos de escala, intensidade, qualidade, precisão, competitividade, competência, custo, oferta programada, assim como a produção de produtos diferenciados e personalizados, com valor agregado, sabor e grau de maturação. Ainda segundo Fontes (1999) outros benefícios podem ser obtidos como maior produtividade, menor lixiviação dos nutrientes, precocidade, elevação da eficiência no uso de fertilizantes e uso da água, sendo possível reduzir a incidência de doenças.

O uso da cobertura plástica eleva a radiação difusa, podendo esta ser vantajosa no processo da fotossíntese devido a distribuição multidirecional da radiação no dossel vegetal (RADIN, *et al.*, 2003), permitindo que as folhas do interior do dossel obtenham mais radiação solar, diminuindo o sombreamento quando comparado ao ambiente a céu aberto (AIKMAN, 1989; WILSON *et al.*, 1992). Segundo Radin *et al.* (2003) duas características contrastam com a cultura do tomateiro, devido seu cultivo ser em linhas, estas são: fotossíntese e interceptação de radiação solar. Eles falam que sua extensão horizontal é finita, implicando maior radiação nas faces laterais do dossel (próximas às margens da estufa), do que na parte central.

## 2.4 Irrigação deficitária

A irrigação por déficit regulado, segundo Chai *et al.* (2015), embora seja uma tecnologia significativa para elevar a eficiência do uso da água, demanda uma compreensão mais assertiva dos mecanismos de respostas das plantas. Ainda pouco se sabe as reais implicações dessa tecnologia para a produtividade final de cada cultura, sendo necessários mais estudos. Khapte *et al.* (2019), estudando a irrigação deficitária no tomateiro, se dividem em três estratégias principais: secagem parcial da zona radicular, irrigação deficitária convencional, e irrigação com déficit regulado (Figura 2).

**Figura 2.** Representação dos diferentes métodos de irrigação deficitária na cultura do tomate.



Fonte: Adaptado de Khapte *et al.*, 2019.

A irrigação deficitária com base nos estágios fenológicos tem como definição a irrigação aplicada a fim de atender a evapotranspiração total da cultura nos estágios mais sensíveis e aplicada em menor quantidade nos estágios não críticos de crescimento (CHAI *et al.*, 2015). Chai *et al.* (2015), ainda ressaltam que, na literatura, diversos relatos citam respostas fisiológicas das plantas à irrigação deficitária, como, potencial hídrico foliar, morfologia dos estômatos e o processo de fotossíntese e respiração. Tanto a intensidade do déficit aplicado (LIU, *et al.*, 2006), quanto o tempo de déficit (XU *et al.*, 2011) e, o estágio de crescimento (LI *et al.*, 2010), influenciam no potencial hídrico das folhas da planta.

Já sobre a morfologia estomática, Schroeder; Kwak e Allen (2001), comentam que, as células guardas incitam o fechamento estomático quando a planta está sob irrigação deficitária. Isso ocorre devido à sinalização química sobretudo do ácido abscísico (CHAI *et al.*, 2015). Schroeder; Kwak e Allen (2001) explicam que esse processo pode se reverter quando há o retorno da lâmina total de irrigação, conforme necessidade da cultura. A atividade enzimática das plantas sob déficit hídrico podem variar dependendo da espécie e cultivar (CHAITANYA RASINENI; REDDY, 2009), devido às características genéticas intrínsecas de cada planta (CHAI *et al.*, 2015).

Diversas pesquisas têm aplicado o conceito da irrigação deficitária. Na cultura do tomate, autores como Wang *et al.* (2013), Hooshmand; Albaji e Zadeh Ansari (2019), Khapte *et al.* (2019), Chand *et al.* (2021), entre outros, têm investigado os reais efeitos dessa técnica nos distintos estágios de desenvolvimento da cultura. Entretanto, geralmente os estágios de florescimento e frutificação na cultura do tomate, apresentam-se mais sensíveis ao déficit (KUŞÇU; TURHAN; DEMIR, 2014).

Em revisões de literatura sobre irrigação deficitária na cultura do tomateiro, autores como Kirda *et al.* (2004); Patanè *et al.* (2010); Bahadur; Lama e Chaurasia (2015), observaram que, quando aplicado níveis aceitáveis de déficit hídrico, resultou no aumento da produtividade da cultura do tomate, não exibindo redução significativa do rendimento. Kuşçu, Turhan e Demir (2014), observaram no tomate que, a aplicação da irrigação deficitária em períodos do estágio vegetativo e de maturação dos frutos, sob limitação hídrica é a melhor solução. Os mesmos autores no final do estudo, concluíram que a irrigação deficitária a 0,6 da ETc e 0,8 da ETc podem ser aplicados nas fases vegetativa e de maturação, respectivamente, resultando em alta produtividade de água e qualidade dos frutos.

Segundo Khapte *et al.* (2019), a aplicação de tecnologias como, cobertura morta, polímero hidrogel, irrigação por gotejamento subterrâneo, enxertia, entre outros, devem ser

melhor investigados quando aplicados concomitante à irrigação deficitária. Chai *et al.* (2015) explicam que na prática, aplicar técnicas de economia hídrica necessita da atenção dos mecanismos fisiológicos e bioquímicos da planta, além de fatores como estágio de crescimento, severidade e intensidade do déficit, método de irrigação utilizado, entre outros.

## 2.5 Produtividade da água e uniformidade de aplicação da água

Para obtenção de alto rendimento do tomateiro é necessário suprimento hídrico adequado, visto a cultura ser sensível tanto ao excesso quanto a limitação hídrica (SANTANA, *et al.*, 2010; ALVARENGA, 2004). Os processos de evapotranspiração e a absorção de carbono, para aumento da matéria seca, são conduzidos pelos mecanismos de regulação dos estômatos (REICHARDT; TIM, 2004), sendo a evapotranspiração um fenômeno fundamental no crescimento das culturas (BORGES, 2011). Nesse sentido, perdas na irrigação são menores quando utilizada em taxa otimizada, o que reduz os custos na captação e condução, conduzindo ao aumento da sustentabilidade da irrigação em regiões que apresentam baixa disponibilidade hídrica.

Antes, as pesquisas na área agrícola focavam sobretudo na maximização da produtividade das culturas (BORGES, 2011), todavia, atualmente segundo Geerts e Raes, (2009), o enfoque gira em torno dos fatores que podem limitar os sistemas de produção, sobretudo em relação a disponibilidade por água e área. Diversas pesquisas atuais têm investigado o manejo da irrigação e suas influências na agricultura, aplicando índices de produtividade e uso de água (KARATAS *et al.*, 2009; AHMAD; TURRAL; NAZEER, 2009; SAKAR *et al.*, 2010; ZWART *et al.*, 2010; CAI *et al.*, 2011).

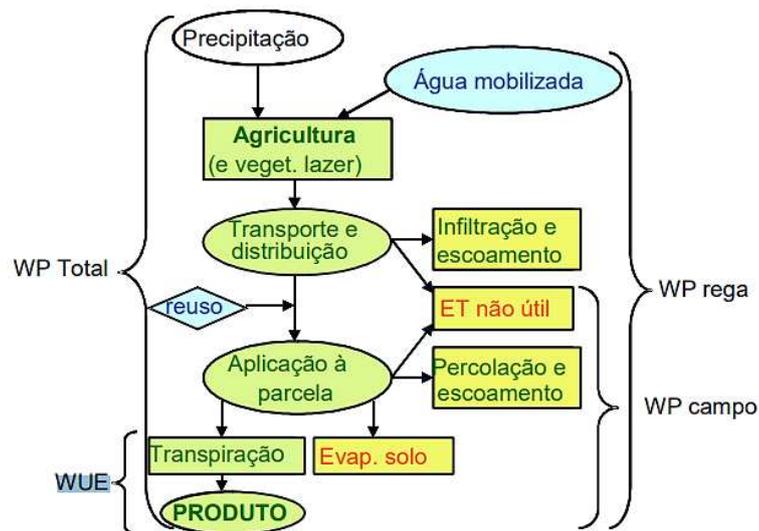
Conforme Frizzone (2015), diversos autores têm definido a eficiência do uso da água (EUA) como a produtividade da água da cultura (PAc). No entanto, ele destaca que Perry *et al.* (2009) introduziram o termo PA como a produção da cultura por unidade de volume de água consumida. Heydari (2014) refere-se à relação entre o produto obtido versus o insumo usado. Contrariamente à eficiência do uso da água, Fernández *et al.* (2020), explica que na produtividade, as unidades no numerador diferem das do denominador. Segundo Moura *et al.* (2017), a PAc é calculada estabelecendo uma relação entre produção de frutos e a lâmina de água aplicada.

Howell *et al.* (1995), salientam o quanto a PA é importante no manejo da irrigação, incluindo a irrigação com déficit. Do mesmo modo, Zhang e Oweis (1999), ressaltam esta ser

importante na identificação de estratégias de utilização da água na irrigação suplementar. Segundo Dinar (1993) o manejo da irrigação é um dos meios de elevar valores de PA. Maschio (2011), refere-se a PA como um ótimo indicador na tomada de decisões, permitindo realizar a avaliação da razão entre a água utilizada e a produção.

De acordo com Pereira (2007), pode-se considerar tanto a quantidade total de água utilizada pela cultura como aplicada, divergindo apenas no termo, sendo a primeira PA total ou global e a segunda PA da rega (Figura 3). Maschio (2011) acrescenta que, para o cálculo, quanto ao fator quantidade de água, pode-se considerar tanto a evapotranspiração da cultura (ETc) quanto a quantidade de água total que entra na produção, considerando as perdas por percolação, escoamento e via aplicação pelo sistema de irrigação.

**Figura 3.** Indicadores dos processos de uso da água.



Fonte: Pereira (2007).

Silva; Putti e Manzione (2021) mencionam que, para alcançar a máxima eficiência na irrigação, o sistema deve garantir uma elevada uniformidade na aplicação hídrica, o que de acordo com Silva e Silva (2005), a avaliação das condições de lâmina aplicada, pressão e vazão, torna-se ferramenta essencial para garantir a uniformidade e distribuição adequada da água durante a aplicação. Segundo Ventura *et al.* (2020), este parâmetro é relevante no rendimento das culturas, apresentando-se indispensável na operação dos sistemas de irrigação.

Na avaliação da uniformidade dos sistemas de irrigação, empregam-se, segundo Frizzone (2015), coeficientes que utilizam medidas de dispersão expressas de maneira adimensional, para determinar a uniformidade do sistema de irrigação. Os coeficientes mais comuns na avaliação da uniformidade da irrigação incluem o Coeficiente de Uniformidade de

Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE).

Nos sistemas de irrigação por gotejamento, os coeficientes de destaque são o CUC e o CUD (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008; KELLER; KARMELLI, 1975), sendo o CUD o mais utilizado, devido à sua sensibilidade para detectar variações na distribuição de água de um sistema de irrigação (Keller; Bliesner, 1990). O CUC foi proposto por Christiansen (1942), utilizando o desvio médio absoluto como medida de dispersão, enquanto que o CUD foi proposto por Criddle *et al.* (1956), empregando a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada.

## 2.6 Manejo da Irrigação na Cultura do Tomate Cereja

O manejo adequado da irrigação é crucial para o êxito no cultivo de tomates. Nesse contexto, a frequência e quantidade da lâmina aplicada estão diretamente associadas ao crescimento das plantas, seu pleno desenvolvimento e qualidade ideal dos frutos. É importante considerar que, conforme o estágio de crescimento, ocorrerá variação nas necessidades hídricas da cultura. Segundo Moreira *et al.* (2012), para definição da necessidade hídrica das plantas, os métodos mais adotados são os que estimam o potencial matricial e o conteúdo de água no solo.

No tomateiro, o sistema de irrigação por gotejamento é usualmente o mais utilizado, visto a aplicação da lâmina d'água ser diretamente na zona radicular, elevando a eficiência do uso da água e reduzindo prováveis problemas fitopatogênicos. De acordo com Marouelli, Silva e Silva (2012), a irrigação por gotejamento no cultivo do tomateiro, quando aliado à prática de fertirrigação, propicia economia de água em torno de 30% e, promoção de produtividade entre 20 - 30%, quando comparada ao sistema de irrigação por aspersão.

A ausência ou limitação de água principalmente nos três primeiros dias após o transplântio da muda do tomateiro é potencialmente prejudicial a muda, podendo ocasionar a sua morte, assim como o excesso, que também pode favorecer a incidência de doenças (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012). Ainda para a fase de mudas, Marouelli; Silva e Silva (2012) recomendam que neste período, as lâminas de água sejam em pouca quantidade, porém frequentes em torno de uma a quatro vezes por dia, nos horários de temperatura amena, dependendo também do volume do substrato.

No Brasil, a prática da irrigação tem contribuído significativamente na produtividade do tomateiro, sobretudo em regiões cuja característica possuem um regime

pluviométrico irregular e elevada taxa de evaporação (MAROUELLI *et al.*, 2002). O grupo das hortaliças é considerado altamente suscetível à limitação hídrica (MAROUELLI; SILVA, 2006), de tal forma que quando submetidas à altas variações de disponibilidade hídrica, resulta em diversos distúrbios fisiológicos, tais como, rachadura nos frutos (SRINIVASA, *et al.*, 2001), abortos florais (SILVA *et al.*, 2013) e podridão apical (TABATABAIE; GREGORY; HADLEY, 2004).

## 2.7 Fator de sensibilidade ao déficit hídrico

Silva *et al.* (2015) mencionam que o efeito da baixa disponibilidade hídrica no solo na redução do potencial produtivo, ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, é quantificado através da definição do coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico ( $K_y$ ). O método padrão da FAO para determinar o  $K_y$  concerne ao modelo empírico formulado por Doorenbos e Kassam (1994). Neste modelo é estabelecida a relação entre a redução do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração, onde o aumento do valor  $K_y$  indica maiores perdas no rendimento da cultura quando sujeita ao estresse hídrico (DOORENBOS e KASSAM, 1994). Os autores classificaram o fator como, alto (superior a 1,15), médio a alto (1,15 – 1,0), baixo a médio (0,85 – 1,0) e baixo (inferior a 0,85) (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

Segundo Pimentel (2021), na maioria das culturas o valor referente ao  $K_y$  é definido por meio de relações lineares, no qual o rendimento relativo ( $Y_r/Y_m$ ) relaciona-se de forma linear a evapotranspiração relativa ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ), desse modo, havendo mudanças na variável independente, a dependente se altera. Posse (2008) relata que, o estresse pode ser analisado relacionando a evapotranspiração máxima da cultura ( $E_{Tm}$ ) e a evapotranspiração real ( $E_{Tr}$ ), todavia, não havendo déficit hídrico, deve-se considerar a  $E_{Tr}$  máxima, do contrário,  $E_{Tr} < E_{Tm}$ .

O máximo rendimento ( $Y_m$ ) é obtido a partir de uma variedade muito adaptada ao ambiente de crescimento e altamente produtiva, sob condições que não restrinja fatores como água, problemas fitopatogênicos e nutrientes durante todo o ciclo (POSSE, 2008). No caso, o  $K_y$  descreve a redução na produtividade relativa conforme diminui a  $E_{Tc}$  da cultura ocasionada pela limitação hídrica no solo (DOORENBOS e KASSAM, 1994). Segundo Allen *et al.* (1998) geralmente, a redução dos níveis de produção causada pelo déficit hídrico na fase vegetativa e

de maturação, é ligeiramente pequena, diferente das fases de florescimento e de produção, que será grande.

Posse (2008) ainda ressalta que, o rendimento não deve ser medido apenas no efeito da água, mas também de fatores como densidade de plantas, fertilizantes e proteção de plantas, no qual determinam o grau em que o rendimento real ( $Y_r$ ) aproxima-se do rendimento máximo ( $Y_m$ ). O fator  $K_y$ , contribui para um planejamento mais eficiente do recurso hídrico na irrigação, pois a queda de produtividade em virtude do déficit hídrico, pode apresentar-se economicamente abaixo dos benefícios obtidos com a irrigação deficitária, sobretudo em regiões com baixa disponibilidade hídrica (GARG; DADHICH, 2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Determinação da metodologia de uso do hidrogel no cultivo do tomate cereja

##### 3.1.1 Local dos testes

Os ensaios para verificação da capacidade de retenção hídrica do polímero hidrogel em estudo, foram realizados no laboratório de hidráulica da Universidade Federal do Ceará (UFC), no Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil, no período anterior ao experimento com as plantas. Posteriormente, em ensaio de campo, na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará (UFC), foi possível visualizar a interação do sistema radicular de mudas de tomate cereja com os polímeros de hidrogel.

Segundo a classificação de Köppen, o município de Fortaleza localizado na zona litorânea apresenta clima tipo Aw', caracterizado como de clima tropical chuvoso, com precipitações predominantes no verão-outono, com temperatura média em todos os meses superior a 18 °C (KÖPPEN, 1923). A área experimental está situada a uma altitude de 20,0 metros acima do nível do mar, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 3°44'45''S e longitude 38°34'55''W.

##### 3.1.2 Teste de expansão do polímero hidrorretentor

Foi utilizado o hidrogel (Polyter®) (Tabela 2), cujas dosagens variam de 2 a 60g dependendo do tipo da cultura. Para a cultura do tomate cereja, segundo o fabricante, é indicado cerca de 3g de hidrogel para 1L de solo e, segundo Nassaj-Bokharaei *et al.* (2021) para o tomateiro, que possui sistema radicular extenso, o método de mistura do polímero com o solo é o mais adequado.

**Tabela 2.** Características físicas e químicas do polímero hidrorretentor aplicado no estudo.

Item	Especificação
Composição:	70% de celulose (CAS: 9004-34-6) e 5,1% de hidróxido de potássio (CAS: 1310-58-3).
Aspecto (estado físico, forma e cor):	Sólido granular branco/verde.

Odor e limite de odor:	Não disponível (ausência de dados).
pH:	7,0
Degradabilidade:	3 a 5 anos
Toxicidade aguda:	Conforme informações disponíveis, o polímero não foi classificado como tóxico agudo por via oral e dérmica. DL50 (oral, ratos): > 5000,0 mg/kg DL50 (dérmica, coelhos): > 2000,0 mg/kg.

Fonte: Ficha de informações de segurança de produtos químicos – ARAUNAH (2019).

Com o objetivo de examinar a capacidade do referido hidrogel em reter água, foram utilizados, três béqueres, três gramas do polímero hidrogel seco, balança de precisão e água destilada. Em cada béquer foram adicionados um grama de hidrogel em pó e gradualmente estes foram acrescidos de água destilada (Figura 4A e 4B, respectivamente), coberto com papel alumínio para evitar evaporação da água. Observado o ponto de extrema turgência do hidrogel, deixou-se drenar ligeiramente o excesso e posteriormente obtemos o valor de absorção do polímero.

**Figura 4.** Ensaio experimental para análise de expansão do polímero hidrogel, A: 1g de hidrogel seco em vidro relógio, B: Hidrogel umedecido.

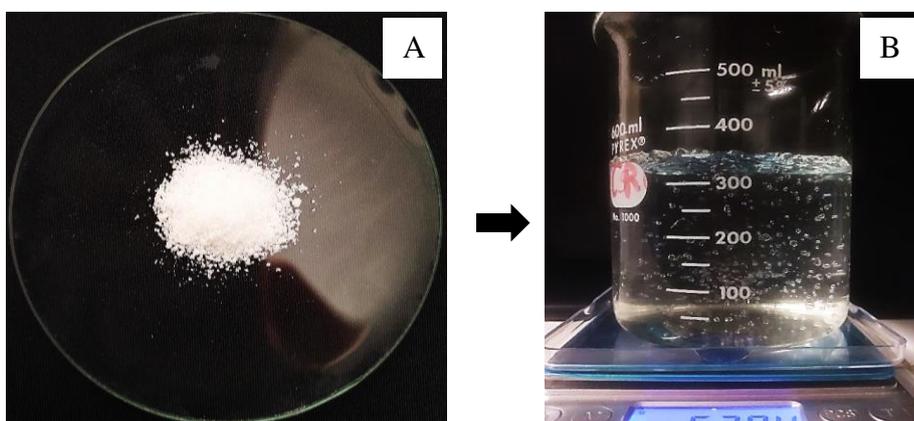


Foto: Autora

### 3.1.3 Teste da dinâmica do hidrogel com o solo de estudo

Usualmente, as metodologias mais empregadas no uso do hidrogel, adota a aplicação do mesmo já hidratado em cova ou faixa, como também incorporando o polímero ainda seco ao solo. Este último foi o adotado para o presente estudo, visto maior praticidade na

operação e amplitude de polímeros em toda a extensão da região aplicada, considerando a metodologia adotada para o experimento do tomate cereja.

Objetivando a economia do insumo e menor probabilidade de eventuais doenças fitopatogênicas, visto manutenção da umidade do solo, foi realizado um teste com quatro metodologias distintas, utilizando-se o mesmo solo de condução do experimento do tomate cereja, este foi seco em estufa por 48h a 105 °C e peneirado.

Em seguida, em triplicatas de quatro béqueres, foram realizadas quatro distintas metodologias de aplicação do hidrogel (Figura 5).

- SH (solo com hidrogel): Incorporação do hidrogel em todo o perfil do solo.
- SH + S (2/3 de solo com hidrogel na parte inferior + 1/3 de solo na parte superior);
- S + Hc (solo e aplicação de hidrogel em cova);
- S + SH + S (1/3 de solo na região inferior e superior do vaso + 1/3 de solo com hidrogel na região mediana).

**Figura 5.** Ensaio da determinação da metodologia de incorporação do hidrogel com o solo: Imagem frontal (A), imagem superior (B).



Foto: Autora.

### 3.1.4 Dinamismo da raiz de mudas do tomateiro com o hidrogel em solo arenoso

Para este teste utilizou-se a metodologia referente a S + SH + S (1/3 de solo na parte inferior + 1/3 de solo incorporado com hidrogel na parte mediana + 1/3 de solo na parte superior) (Figura 6).

**Figura 6.** Metodologia de incorporação do hidrogel adotada para o experimento.

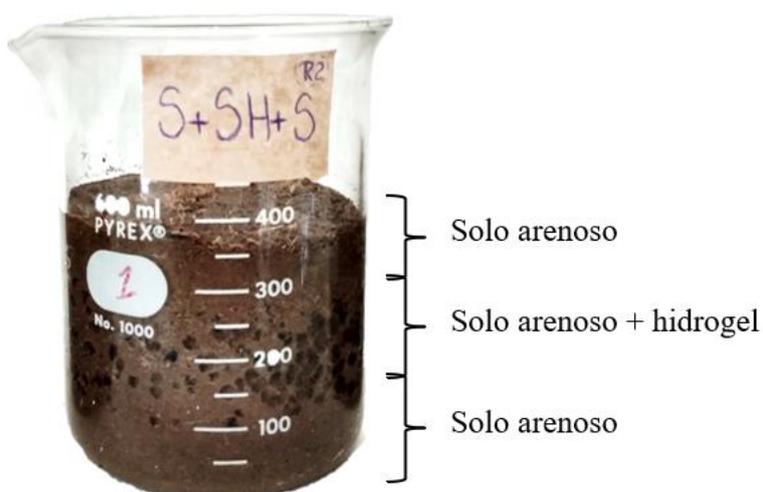


Foto: Autora.

O teste foi realizado com o objetivo de constatar o carreamento do hidrogel por meio das raízes da planta, nas demais porções do solo acondicionado no vaso. Realizou-se um teste com quatro repetições, para verificar a dinâmica do crescimento radicular quando em contato com o polímero hidrogel, a fim de verificar o carreamento do polímero por meio da raiz. Para isto, utilizaram-se quatro recipientes de acrílico transparente, comportando volume de 1,2 L, afim de obter melhor visualização do desenvolvimento radicular. O teste contabilizou cerca de 25 dias, referente a fase de muda na cultura do tomate cereja vermelho pêra.

Os recipientes foram acomodados sobre bandejas suspensas (Figura 7), contendo em seu interior 1 cm de brita nº 1 e uma camada de manta geotêxtil bidim, para posterior acomodação do solo aplicando a metodologia S + SH + S. O volume total de solo no recipiente correspondeu a 1,0 L, dividido em três camadas iguais. Para a camada mediana do solo, incorporou-se 0,9 g de hidrogel, correspondente a 33,33g de solo seco, conforme recomendado pelo fabricante (3g de hidrogel seco por litro de solo).

**Figura 7.** Teste da metodologia em campo.



Foto: Autora.

## **3.2 Experimento do tomate cereja pêra vermelho**

### **3.2.1 Local, sementeira, plantio e manejo da cultura**

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará (UFC), no Campus do Pici, no período de junho a outubro de 2022. A estufa possui modelo arco simples apresentando estrutura metálica de aço galvanizado contendo 12 m de comprimento por 6,50 m de largura, com pé direito de 3,5 e 4,5 m de altura na parte central, totalizando uma área de 78 m<sup>2</sup>. As laterais possuem tela de proteção (sombrite 50%), e o teto é estruturado em formato de arco, coberto por filme de polietileno transparente (filme agrícola) de baixa densidade, com 0,10 mm de espessura, para proteção contra raios ultravioleta.

Previamente, foi realizada ampla limpeza no interior e no primeiro m<sup>2</sup> da área externa da estufa a fim de preparar o ambiente e reduzir a probabilidade de infestações por agentes patogênicos à cultura, utilizando o controle mecânico e químico.

O período total de condução do experimento (115 dias), foi separado por fase fenológica da cultura (Fase I - muda; Fase II - vegetativa; Fase III – florescimento e frutificação; Fase IV - maturação e colheita) (Tabela 3 e Figura 8). Para a determinação da mudança de fase fenológica da cultura, foi utilizada a caracterização visual, conforme Rocha (2009).

**Tabela 3.** Distribuição das fases fenológicas da cultura do tomate cereja- pêra.

Fase	Estágio	Dias
Fase 1 (F1)	Semeadura ao desenvolvimento da muda	32
Fase 2 (F2)	Crescimento vegetativo	25
Fase 3 (F3)	Florescimento e frutificação	29
Fase 4 (F4)	Maturação e colheita	29

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

**Figura 8.** Fases fenológicas da cultura do tomate cereja pêra vermelho. A – Semeadura à fase de condução de mudas; B – transplântio da muda e condução da fase vegetativa; C – fase de florescimento e frutificação; D – fase de maturação dos frutos e colheita.



Foto: Autora.

A fenologia da cultura de estudo seguiu a seguinte cronologia (Figura 9).

**Figura 9.** Desenvolvimento da cultura do tomate cereja pêra vermelho.

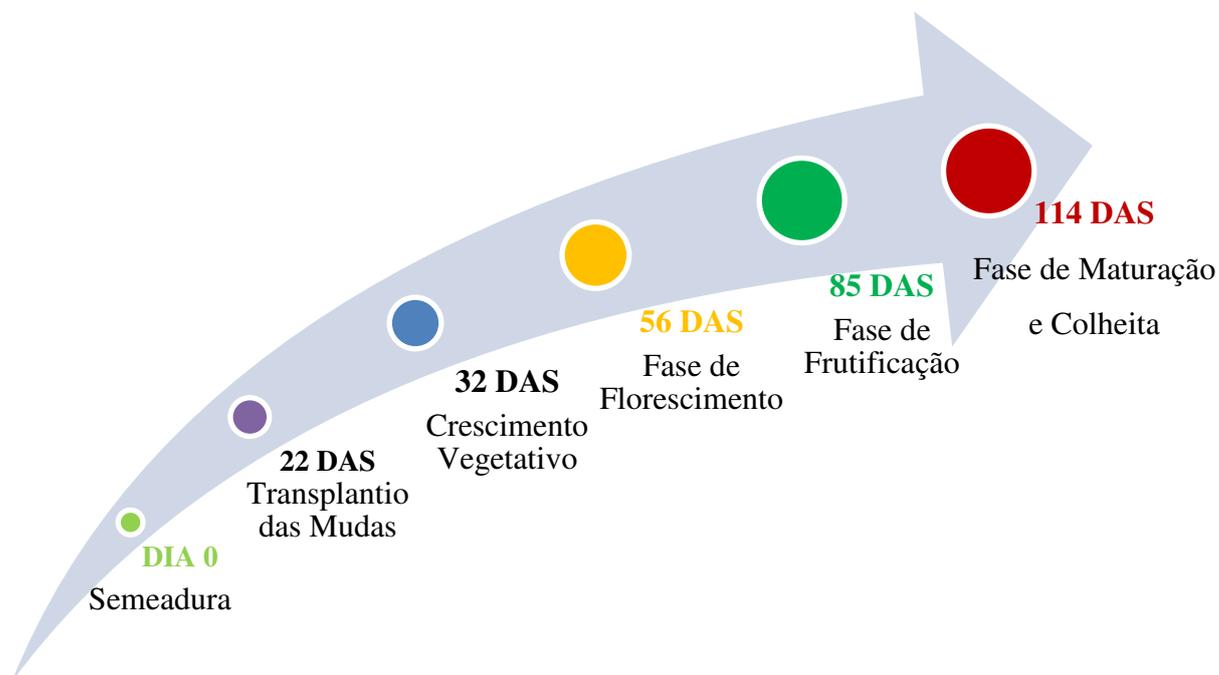


Imagem: Elaborado pela autora. DAS: Dias após a semeadura.

A semeadura foi realizada em duas bandejas de polietileno preta composta por 128 células de 25 mL, sendo a composição do substrato 70% de húmus de minhoca e 30% de vermiculita. O desbaste das mudas foi efetuado aos dez dias após semeadura (DAS), deixando apenas uma planta por célula visando o seu completo desenvolvimento.

A condução das mudas ocorreu na mesma casa de vegetação de produção do tomateiro, com irrigação diária desde a semeadura até o transplântio, sendo realizada três vezes por semana irrigação com uso de solução nutritiva a fim de garantir a obtenção de mudas de qualidade. Utilizou-se a água da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará, exibindo condutividade elétrica média de  $0,45 \text{ dS m}^{-1}$ , estando aquém da salinidade limiar da cultura.

Completados os 22 DAS, 120 mudas foram transplantadas para os vasos de polietileno com capacidade de 11L contendo um volume de 10L de solo arenoso (Figura 10). Segundo Miranda *et al.* (2023), para o tomateiro, o volume de substrato recomendado para o cultivo varia entre 8 L a 12 L por planta.

**Figura 10.** Montagem dos vasos e transplântio das mudas de tomate cereja-pêra. A - Solarização do solo; B – incorporação do hidrogel ao solo; C – montagem dos vasos.



Imagem: Autora.

Os vasos foram acomodados sobre tijolos na superfície do solo da estufa, contendo em seu interior uma camada de manta geotêxtil bidim com diâmetro superior ao do próprio vaso, uma camada de 3 cm de brita nº 1 preenchido o restante do volume com solo arenoso (Figura 12 C) apresentando nos tratamentos com hidrogel a metodologia descrita anteriormente (S + SH + S: 1/3 de solo na parte inferior, 1/3 de solo com 9,9 g de hidrogel na parte mediana e 1/3 de solo na parte superior).

O hidrogel foi incorporado ainda seco ao solo (Figura 12 B), sendo os vasos posteriormente submetidos à capacidade de campo, 24h antes do transplântio. Segundo Abedinzadeh; Etesami e Alikhani (2020), isso estimula o contato e a reação entre as partículas do solo e os polímeros, auxiliando na atividade dos microrganismos.

Foi utilizado o sistema de irrigação localizada tipo fita gotejadora com emissores espaçados a 0,40m, com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>, pressão de serviço de 20 mca, com tubos de polietilenos de 16 mm, apresentando um emissor por planta (Figura 11 A). De forma a se obter maior eficiência da irrigação, foi instalado um filtro de disco após a saída da bomba, além de

um manômetro com glicerina (Figura 11 B) a fim de se ajustar precisamente a pressão de trabalho dos emissores.

**Figura 11.** Sistema de irrigação por gotejamento e controle da pressão de serviço.

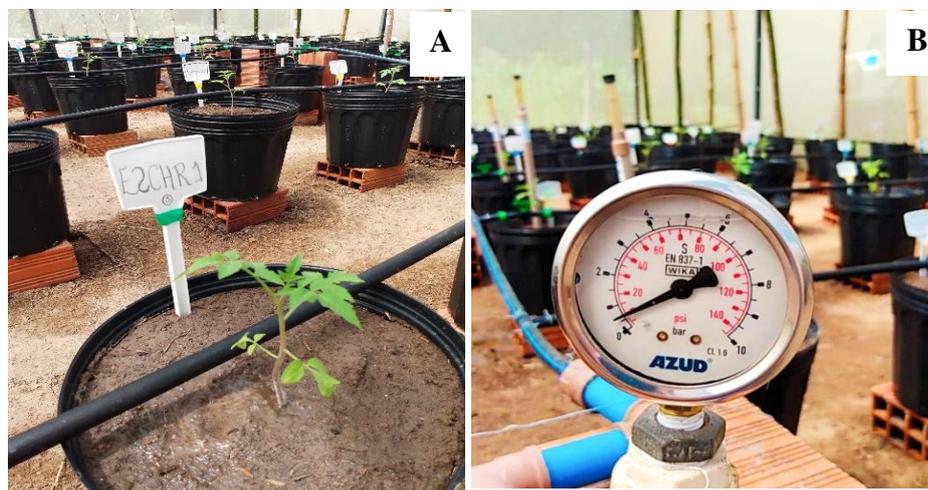


Foto: Autora.

A manutenção consistiu na lavagem regular do filtro de discos. Para o sistema de irrigação foi utilizado um conjunto motobomba, com potência de 0,5 cv. Para o controle do tempo de irrigação utilizaram-se registros instalados no início de cada linha lateral, sendo este fechado nos respectivos tratamentos submetidos a déficit de 50% da ETC, completado metade do tempo de irrigação estimado.

Afim de averiguar a uniformidade do sistema de irrigação foram realizados em dois momentos distintos o teste de uniformidade, sendo o primeiro antes do transplante e o último ao fim do experimento, utilizando o kit de coleta de água Fabrimar. Adotou-se o tempo de 3 minutos para a coleta de água. Ao final, os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD) e estatístico (CUE) foram estimados com auxílio do aplicativo UNIIRRIG® (Figura 12). Para a eficiência de aplicação, foi considerado o valor de 0,90, após realização de testes de uniformidade, conforme literatura (FRIZZONE *et al.*, 2012).

**Figura 12.** Teste de uniformidade de sistema de irrigação localizada, calculado no aplicativo UNIIRRIG®.



Foto: Autora.

Para cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN, 1942) utilizou-se a seguinte equação (Equação 1):

$$CUC \% = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n Q_i - nQ}{nQ}\right) \quad (1)$$

Em que:

CUC: coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

$Q_i$ : vazão coletada em cada gotejador ( $Lh^{-1}$ );

$Q$ : média das vazões coletadas de todos os gotejadores ( $Lh^{-1}$ );

$n$ : número de gotejadores analisados.

Conforme Soil Conservation Service (1968), a equação para o cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), considera a média de 25% dos menores valores de precipitação, é determinada a partir da seguinte equação (Equação 2):

$$CUD \% = 100 \cdot \frac{Q_{25}}{Q_{med}} \quad (2)$$

Em que:

CUD: coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$Q_{25}$ : média de 25% do total de gotejadores com as menores vazões, ( $L h^{-1}$ );

$X$ : média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ( $L h^{-1}$ ).

A interpretação desses coeficientes baseou-se na proposição de Mantovani (2001) no qual estabelece as classificações de uniformidade de aplicação da água, do seguinte modo (Tabela 4):

**Tabela 4.** Classificação da uniformidade de aplicação de água.

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

Fonte: Bernardo; Soares e Mantovani (2008).

Finalizados os testes, os coeficientes de uniformidade (CUC, CUD e CUE) obtidos na avaliação de uniformidade do sistema de irrigação, conforme classificação de Bernardo; Soares e Mantovani (2008), apresentaram excelente uniformidade do sistema de irrigação na aplicação de água na cultura do tomate cereja, exibindo percentagem acima de 90%.

A percentagem dos coeficientes na 1ª avaliação realizada em 14/07/2022 foram: CUC = 97,94%, CUD = 96,64% e CUE = 97,42%. A segunda avaliação realizada em 10/10/2022 já resultaram nos seguintes valores: CUC = 98,25%, CUD = 97,32 e CUE = 97,81. Isto deve-se principalmente ao fato do sistema de irrigação instalado ser novo, e em razão da limpeza mensal do filtro de disco e uso de fonte de água conhecida (Cagece). O teste de uniformidade realizado no final do ciclo da cultura indicou que a vazão média por emissor foi de aproximadamente 1,3 L h<sup>-1</sup>.

Nos primeiros dez dias após o transplântio (DAT) todos os tratamentos receberam a mesma irrigação, a fim de garantir o estabelecimento uniforme das plantas. Seguidamente, as irrigações foram realizadas diariamente de acordo com as estratégias de irrigação aplicadas, sendo o déficit hídrico estabelecido como 50% da evapotranspiração da cultura (ET<sub>cloc</sub>) aplicada nos tratamentos com déficit, havendo restabelecimento de 100% da lâmina na mudança de estágio fenológico. Os dados de temperatura máxima, média e mínima foram obtidos por meio de um Termo-higrômetro digital HTC-2<sup>a</sup>, posicionado dentro do ambiente de condução do experimento.

Para tutoramento das plantas, foram instalados nas extremidades das linhas varas de bambus na vertical, a fim de sustentar os arames esticados (horizontal) na altura de 2,0

metros em relação à base inferior dos vasos. Em seguida, com uso dos fitilhos foi possível conduzir as plantas na posição vertical (Figura 13). A desbrota para eliminação de brotos ladrões iniciaram aos 26 dias após o transplantio (DAT), ocorrendo semanalmente após esse período. De acordo com Miranda *et al.* (2023), a desbrota tem a finalidade de preservar o número de ramos a fim de favorecer o controle fitossanitário, a aeração e reduzir a competição por assimilados dos cachos.

**Figura 13.** Cultivo de tomate cereja tutorado verticalmente.



Foto: Autora.

### 3.2.2 *Estimativa da demanda hídrica*

Para estimar a demanda hídrica da cultura era observada diariamente a evaporação da água em um tanque Classe “A” instalado sobre estrado de madeira a 0,15 m da superfície do solo, dentro da estufa de condução do experimento. O tanque possui diâmetro de 121 cm, profundidade de 25,4 cm, com nível da água a 5 cm da borda superior do tanque (COSTA, 2004). As leituras e irrigações eram realizadas no horário da manhã com o auxílio de um parafuso micrométrico estabilizado sob um poço tranquilizador, como mostra a Figura 14.

**Figura 14.** Manejo da irrigação com uso do tanque Classe A.



Foto: Autora.

Nesse sentido, a lâmina de irrigação foi calculada utilizando a  $ET_o$  diária (Eq. 3) e a evapotranspiração da cultura  $ET_c$  (Equação 4) baseados pelo método do tanque Classe A. O fator do tanque ( $K_p$ ) adotado foi equivalente a 1,0 considerando recomendações de Prados (1989). Os coeficientes da cultura “ $K_c$ ” (Equação 5) foram determinados nas diferentes fases fenológicas, divididos em quatro etapas: (I) fase inicial, (II) desenvolvimento, (III) intermediário e (IV) final, conforme Evangelista e Pereira (2003). Segundo Matzenauer (1992) a evapotranspiração além de depender da demanda atmosfera, também é influenciada pelo crescimento e desenvolvimento da planta.

$$ET_o = K_p * ECA \quad (3)$$

Em que:

$ET_o$ : evapotranspiração de referência, em  $\text{mm dia}^{-1}$ .

$K_p$ : coeficiente do tanque.

$ECA$ : evaporação do Tanque Classe A, em  $\text{mm/dia}$ .

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (4)$$

Em que:

$ET_c$ : evapotranspiração da cultura, em  $\text{mm dia}^{-1}$ .

$K_c$ : coeficiente da cultura.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (5)$$

Para o estudo, adotou-se o consumo hídrico da cultura do tomate, em função do estágio de desenvolvimento, seguindo os limites definidos pela FAO 56 (ALLEN *et al.*, 1998) (Tabela 5). Totalizaram-se 121 dias desde a semeadura até o final do experimento.

**Tabela 5.** Coeficientes da cultura (Kc) do tomateiro.

Estágio de Desenvolvimento	Dias do Ciclo	Kc
Fase de muda	25	0,6
Fase vegetativa	33	1,15
Florescimento e frutificação	38	0,7 – 0,9
Maturação e colheita	25	0,6

Fonte: Adaptado de FAO 56: Allen *et al.* (1998).

Segundo Costa (2004), inicialmente na fase de muda, o Kc é menor devido pequena cobertura vegetal no solo, passando a valores entre 0,75 a 1,15 nas fases de maior demanda hídrica pela cultura. Após a fase reprodutiva Matzenauer *et al.* (1998) salientam que o Kc decresce em virtude da redução da atividade fotossintética.

**Tabela 6.** Informações extras para o cálculo do tempo de irrigação.

Informações										
A (m <sup>2</sup> )	q (L/h)	g	KL	Ø <sub>sup</sub>	Ø <sub>inf</sub>	h	Ea	CUD	CUC	CUE
0,0594	1,60	0,19	1,00	0,275	0,221	0,19	0,90	0,96	0,97	0,96

A: área do vaso, q: vazão média dos emissores, g: geratriz área do cone, KL: constante Conforme Keller (1978), Ø<sub>sup</sub>: diâmetro superior do vaso, Ø<sub>inf</sub>: diâmetro inferior do vaso, h: altura do vaso, Ea: eficiência de aplicação, CUD: coeficiente de uniformidade de distribuição, CUC: coeficiente de uniformidade de Christiansen, CUE: coeficiente de uniformidade estatístico.

Para a determinação do Kp, consideraram-se dados climáticos intrínsecos ao interior da estufa, como a não variação da velocidade do vento e umidade relativa do ar, que conforme Evangelista e Pereira (2003) recomenda-se a adoção de um valor fixo de 1,0 para o coeficiente de correção de evaporação do solo (Kp). O tempo de irrigação foi determinado conforme Eq. 6.

$$Ti = 60x \frac{V * Kp}{q} \quad (6)$$

Em que:

Ti: tempo de irrigação (min);

V: volume de água de acordo com os tratamentos (L);

Kp: coeficiente do tanque (adimensional) = 1;

Q: vazão do emissor (L h<sup>-1</sup>).

Para cálculo da irrigação considerou-se a percentagem de área molhada do vaso, em forma de um tronco de cone, utilizando a seguinte equação 7.

$$A = \pi R^2 + \pi r^2 + \pi g (R + r) \quad (7)$$

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar durante o desenvolvimento da cultura foi realizado utilizando-se um termohigrógrafo digital instalado no interior do ambiente protegido a 2,0 m de altura do solo.

### 3.2.3 Curva de retenção de água no solo

Apesar do manejo da irrigação ter sido realizado pelo método do Tanque Classe A, no estudo, também foram instalados dez tensiômetros de punção (Figura 15 A) na profundidade de 0,20 m, para acompanhamento diário da tensão de água no solo (Figura 15B) através de um tensímetro digital, a fim de determinar a umidade do solo nos distintos tratamentos aplicados.

**Figura 15.** Tensiômetros instalados nos vasos no início do ciclo (A) e aos 90 DAT (B).

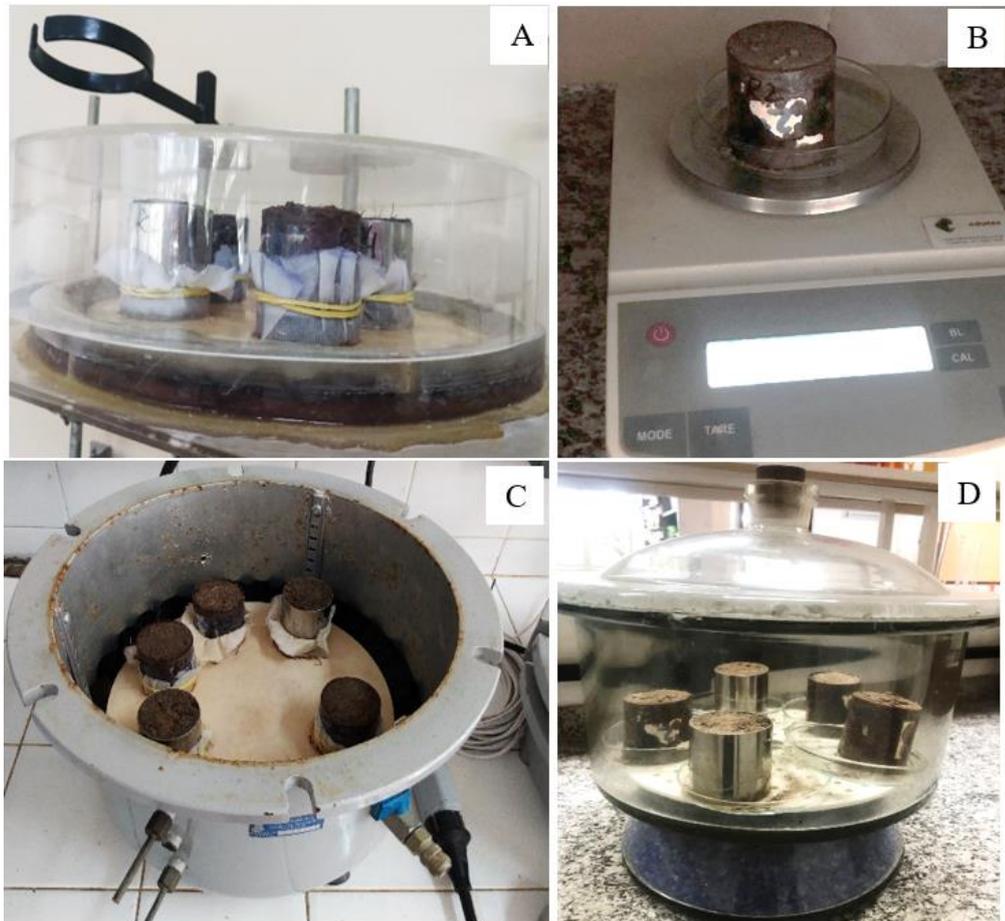


Foto: Autora.

A curva de retenção de água no solo representa a relação entre o teor de água no solo e o potencial mátrico da água no solo (BASTOS, 2007). Para determinação da curva de retenção do solo utilizado para condução do experimento, o procedimento foi realizado no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Ceará, seguindo as seguintes etapas, conforme boletim da Embrapa Meio-Norte (BASTOS, 2007):

- I. Coleta da amostra: As cinco amostras indeformadas foram coletadas com auxílio de um trado tendo em sua extremidade um anel cilíndrico de volume conhecido e a uma profundidade de 0-20cm.
- II. Preparo das amostras: Em laboratório foi realizado o ajuste das amostras, deixando a parte inferior do anel envolvido com pano poroso fixado com uma liga de borracha. Os mesmos foram numerados de 1 a 5.
- III. Saturação das amostras e membranas porosas: Em um recipiente plástico foram posicionadas as amostras colocando em seguida água até a metade da altura do anel cilíndrico, a fim de que suceda a saturação do meio. O tempo estimado para a saturação foi de 24 horas, visto que o solo possui textura arenosa.
- IV. Mesa de tensão: Saturadas as amostras, primeiramente estas foram postas em placas porosas que ficavam submetidas a baixas tensões na mesa de tensão (6, 10 e 33 kPa) (Figura 16 A), em seguida, não sendo mais observado drenagem da água, as amostras eram pesadas novamente para a determinação do conteúdo de água no ponto de saturação (Figura 16 B).
- V. Extrator de Richards: Para tensões maiores (50, 100 e 1500 kPa) as amostras foram postas em membranas porosas no interior do extrator de Richards (Fig. 16 B) (Figura 18 C) até não haver mais drenagem do excedente de umidade. A cada tensão aplicada, as amostras eram novamente pesadas. Finalizado, as amostras foram submetidas a secagem na estufa a 105 °C por cerca de 48 horas para a determinação da densidade do solo e peso seco do solo e transferidas para um dessecador (Figura 16 D).

**Figura 16.** Procedimento para determinação da curva de retenção do solo. A – Amostras na mesa de tensão; B – pesagem em balança analítica de precisão; C – amostras na câmara de Richards; D – dessecador de vidro).



Fotos: Autora.

Após obtenção dos pontos de tensão de água no solo nas pressões de 6, 10, 33, 50, 100 e 1500 kPa. Seguidamente, os pontos de pressão foram ajustados pelo modelo de van Genuchten (1980), utilizando o programa RETC (VAN GENUCHTEN *et al.*, 2009), considerando  $m=1-1/n$ . Após a determinação da equação pelo modelo de van Genuchten, foram ajustadas as curvas de regressão (Figura 17) e assim obtidos os coeficiente de determinação, sendo o eixo “x”, variável independente, referente a média de cinco dias do período de coleta das tensões e os valores do eixo “y”, variável dependente, composto por valores de umidade volumétrica encontrados pela equação de van Genuchten, e ainda procedeu-se com a comparação entre os valores de umidade obtidos com as tensões de 6, 10, 33, 50, 100 e 1500 kPa através da equação de van Genuchten. A equação matemática utilizada foi (Equação 8):

$$\theta_{0-20} = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha\psi)^n]^m} \quad (8)$$

Onde:

$\theta$ : Umidade, com base em volume ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );

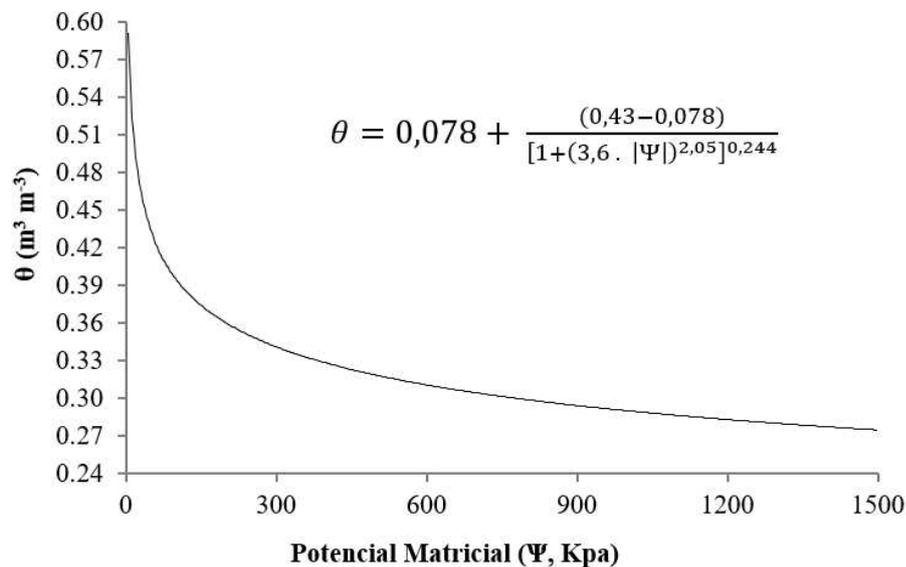
$\theta_r$ : Conteúdo de água residual (%);

$\theta_s$ : Conteúdo de água na saturação (%);

$\Psi$ : Potencial matricial (kPa);

$\alpha$ ,  $n$  e  $m$  são os parâmetros empíricos do modelo.

**Figura 17.** Curva de calibração do solo utilizado no experimento do tomate cereja.



Fonte: Autora

### 3.2.4 Análise físico-química do solo

O solo utilizado no experimento foi oriundo da área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza- CE, apresentando vegetação nativa. Este é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, Eutrófico, textura franco argilo-arenoso, coletado na profundidade de 0 a 20 cm. Os resultados das análises química e física do solo realizadas pelo Laboratório de Análises Ambientais e Agrícolas, Monte Carmelo-MG, podem ser visualizados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

**Tabela 7.** Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm.

pH	M.O.	C.O.	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T
CaCl <sub>2</sub>	-- dag kg <sup>-1</sup> --		-- mg dm <sup>-3</sup> --					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
4,7	1,3	0,7	9	42	0,92	0,55	0,29	2,20	1,58	1,87	3,78
pH	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn				
H <sub>2</sub> O	----- % -----							mg dm <sup>-3</sup>			
5,1	42	16	0,11	0,10	60	1,90	3,70				

pH= acidez ativa, P= fósforo disponível (melich), K= potássio trocável (melich), Mg= magnésio trocável, Ca= cálcio trocável, Al= alumínio trocável, SB = Soma de Bases, H+Al= acidez potencial, m = Saturação por Alumínio, t = CTC Efetiva, pH 7,0, T = CTC, V = Saturação por Base, Mn= manganês, Fe= ferro, B= boro, Zn= zinco Cu= cobre.

**Tabela 8.** Análise granulométrica do solo na profundidade de 0-20 cm, realizada no Laboratório de Análises Ambientais e Agrícolas, Monte Carmelo, MG, 2022.

Areia total	Silte	Argila	Classe textural
----- g Kg <sup>-1</sup> -----			
755	50	195	Franco argilo-arenoso

Fonte: Laboratório de Análises Ambientais e Agrícolas, Monte Carmelo, MG, 2022.

As adubações dos macros e micronutrientes foram realizadas semanalmente, com maior proporção aplicada na adubação de fundação, baseado nas recomendações de Trani *et al.* (2015), seguida da adubação parcelada e adubação foliar (Tabela 9).

**Tabela 9.** Conteúdo de macro e micronutrientes minerais aplicados na cultura do tomate cereja pêra vermelho em todo o ciclo de desenvolvimento.

Macronutrientes						
Adubação Total	N <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	KCL	Ca	Mg	
	-----Kg. ha <sup>-1</sup> -----					
Fundação	42,10	757,58	148,15	70,71	151,52	
Parcelado + Foliar	152,10	712,12	188,55	323,23	424,24	
Micronutrientes						
Adubação Total	B	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----Kg. ha <sup>-1</sup> -----					

Fundação	11,11	6,75	9,09	0	7,41	17,1 7
Foliar	2,15					

Fonte: Elaborado pela autora. (2023). N<sub>2</sub>= nitrogênio, P= fósforo, KCL= cloreto de potássio, Ca= cálcio, Mg= magnésio, B= boro, S= enxofre, Cu= cobre, Fe= ferro, Mn= manganês, Zn= zinco.

A adubação foliar foi realizada semanalmente, desde a segunda semana de surgimento dos primeiros botões florais, com solução contendo Nitrato de Cálcio e Boro, afim de ajudar no pegamento da flor e aumentar a resistência da parede dos frutos contra possíveis rachaduras. Segundo Marouelli e Silva (2006), além da irrigação, aplicar a quantidade adequada de cálcio é indispensável após o início da floração, seja via foliar ou via fertirrigação.

### 3.2.5 Controle fitossanitário

De modo geral, no experimento foi utilizado o controle físico, cultural, comportamental, alternativo e químico. No controle físico adotou-se o processo de solarização do solo com uso de um plástico transparente (3,0 x 3,0 m) por período de um mês, a fim de reduzir agentes patogênicos do solo. Para o controle cultural já se atribuiu o cuidado com o período de condução do experimento, assim como a escolha de uma cultivar precoce, além da adoção da irrigação localizada reduzindo o microclima e a adubação adequada para a cultura.

Ao controle comportamental foi adotado o uso de armadilhas adesivas na cor amarela e azul, contendo feromônios atrativos aos insetos. No alternativo, utilizou-se sabão neutro líquido com água para aplicação nas mudas presentes nas bandejas. Após o transplântio das mudas utilizou-se o extrato de nim indiano com intervalo de quatro dias, até início da aplicação do controle químico. Duas semanas após o transplântio, a área interna e externa a estufa de condução do tomateiro recebeu a pulverização do controle químico, semanalmente, utilizando o inseticida/ acaricida/ nematocida Vertimec<sup>®</sup> e o fungicida Bravonil<sup>®</sup>.

### 3.2.6 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados subdivididos (DBC) com esquema fatorial 5x2, referentes às cinco estratégias de irrigação conforme a fase fenológica da cultura:

- IP - Irrigação plena, que consiste na aplicação de 100% das necessidades hídricas da cultura durante todo seu ciclo;
- DR - Irrigação com déficit hídrico contínuo com o fornecimento de 50% das necessidades hídricas da cultura durante todo seu ciclo;
- E3 - Irrigação com déficit hídrico regular com o fornecimento de 50% das necessidades hídricas da cultura durante a fase de crescimento vegetativo e aplicação de 100% nas demais fases;
- E4 - Irrigação com déficit hídrico com fornecimento de 50% das necessidades hídricas na fase de florescimento e frutificação e aplicação de 100% nas demais fases;
- E5 - Irrigação com déficit hídrico na fase de maturação e colheita com fornecimento de apenas 50% das necessidades hídricas nesta fase e aplicação de 100% nas demais fases;

O segundo fator referiu-se à aplicação do hidrogel “H”, constando três plantas por parcela experimental, com 4 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais.

Cada vaso possuía uma planta, conduzida com duas hastes, sendo o espaçamento entre plantas de 0,40m e entre linhas de 0,80m, apresentando cerca de 12 vasos na linha (paralelo à porta de entrada da estufa) e 10 vasos por coluna (paralelo às laterais da estufa), conforme croqui representativo do esquema de montagem (Figura 18) e do sorteio dos tratamentos estudados (Figura 19). Segundo Miranda *et al.* (2023), os espaçamentos mais indicados para o tomate cereja na região da Ibiapaba-CE, são de 0,4 m a 0,5 m entre plantas e 1,2 m a 1,5 m entre fileiras.

**Figura 18.** Croqui do esquema de montagem experimental.

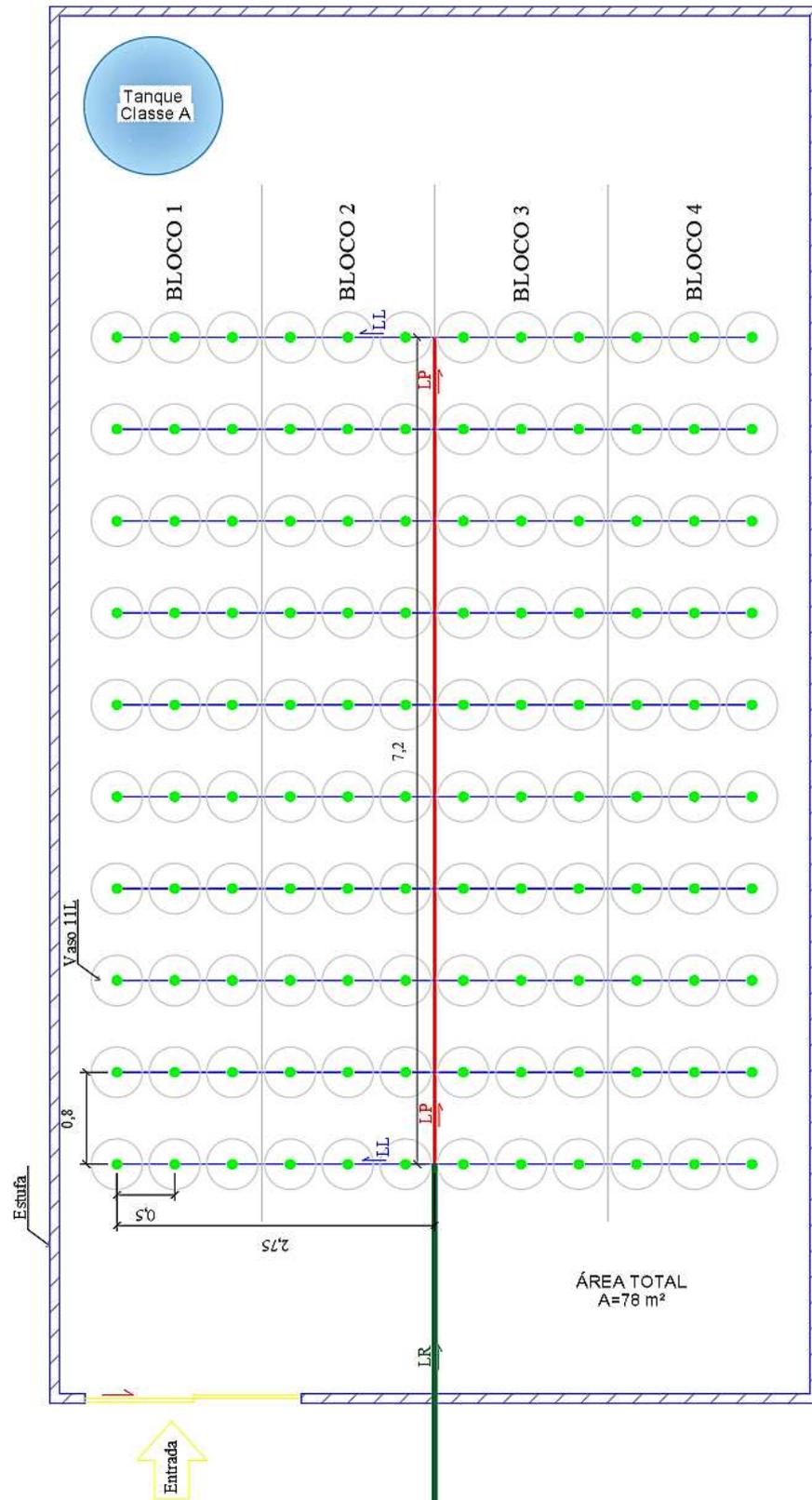


Imagem: Elaborado pela autora. LR: linha de recalque; LP: linha principal; LL: linha lateral.

**Figura 19.** Croqui experimental dos tratamentos estudados.

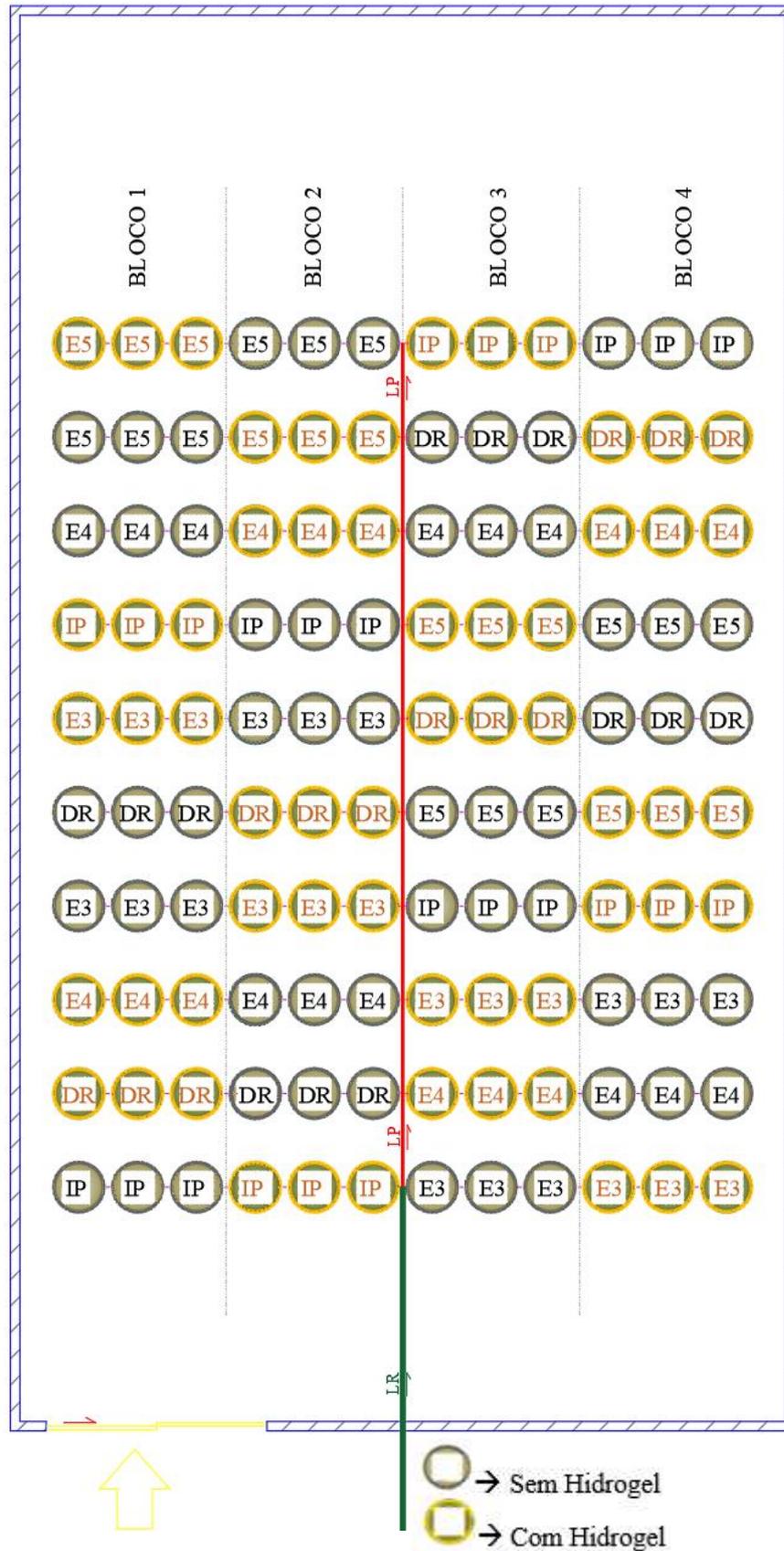


Imagem: Elaborado pela autora. IP, DR, E3, E4 e E5.

### 3.2.7 Variáveis-resposta avaliadas

#### 3.2.7.1 Parâmetros de crescimento

As avaliações de crescimento foram realizadas mensalmente iniciando aos 30 dias após diferenciação dos tratamentos. Os seguintes parâmetros foram mensurados:

- a) Altura da planta (AP): Mensurado com o auxílio de uma fita milimétrica na distância entre o colo e o ápice da planta (Figura 20 A).
- b) Diâmetro caulinar (DC): Mensurado com o auxílio de um paquímetro digital a aproximadamente 1 centímetro acima do colo da planta (Figura 20 C).
- c) Número de folhas (NF): Contagem das folhas totalmente expandidas e fotossintetizantes, desconsiderando folhas senescentes.
- d) Número de flores (NFL): Contagem visual de flores expandidas.
- e) Número de abortos florais (NAF): Contagem visual de flores abortadas.

Finalizado o experimento, foi realizado a mensuração dos seguintes parâmetros:

- a) Comprimento radicular (CR): Fracionada a parte aérea da raiz, foi realizada uma lavagem do sistema radicular com água corrente, amparado sobre peneira de arame com malha de 2,0mm para seguidamente realizar a mensuração do comprimento da raiz com auxílio de uma régua graduada na distância entre o colo e a extremidade da raiz mais longa (cm) (Figura 20 B).
- b) Área foliar (AF): Foi mensurada por meio de um medidor de área foliar (cm<sup>2</sup>) (LI – 3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA).
- c) Matéria fresca da folha, caule e raiz (MFF, MFC, MFR, respectivamente) e massa seca da folha, caule e raiz (MSF, MSC e MSR, respectivamente): Após fracionamento das partes e obtenção da massa fresca em balança de precisão, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel para em seguida serem levadas à estufa com circulação forçada de ar (65 °C até peso constante). Após secagem do material, estes foram pesados novamente para fazer a relação de matéria fresca e matéria seca.

**Figura 20.** Mensuração dos parâmetros de crescimento das plantas de tomate cereja pêra vermelho. A: altura de planta, B: diâmetro caulinar, C: Comprimento de raiz.



Foto: Autora (2023).

### ***3.2.7.2 Parâmetros de produção e variáveis físico químicas do tomate cereja pêra vermelho***

Iniciado o período de colheita foi realizada a avaliação dos frutos maduros considerando características também relatadas por Marinho (2018):

- a) Número total de frutos por parcela experimental (NTF).
- b) Peso total dos frutos por tratamento (PTF,  $\text{g planta}^{-1}$ ).
- c) Diâmetro longitudinal dos frutos (DLF, mm) com auxílio do paquímetro digital.
- d) Diâmetro transversal dos frutos (DTF, mm) com auxílio do paquímetro digital.

**Figura 21.** Análise da qualidade dos frutos de tomate cereja. A - Mensuração e pesagem dos frutos de tomate cereja. B - Maceração dos tomates e análise do °Brix.

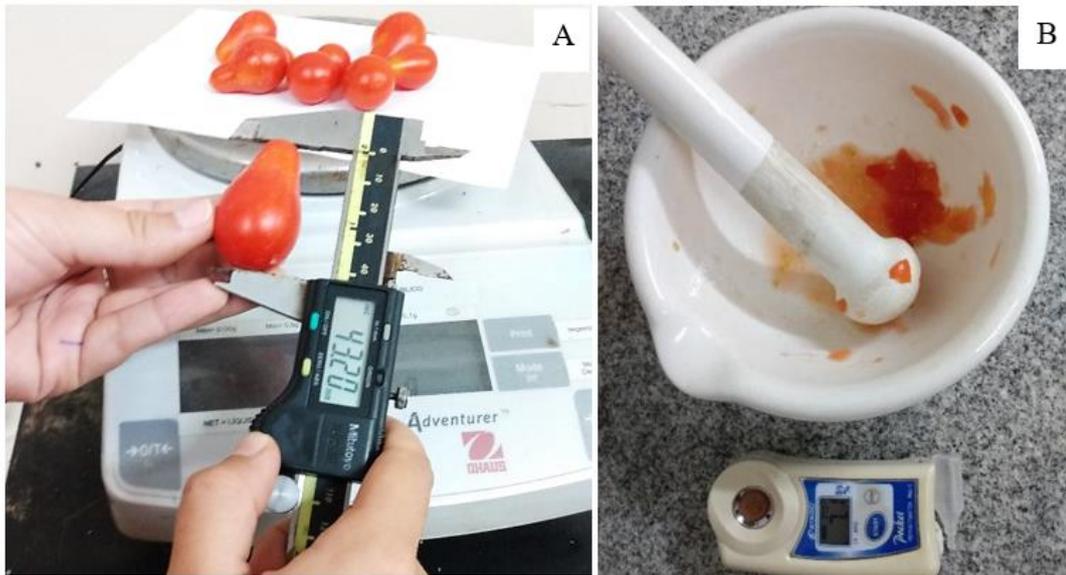


Foto: Autora (2023).

As amostras foram processadas e analisadas no Laboratório de Frutos e Hortaliças e no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos da Universidade Federal do Ceará.

- a) Análise de cor: A análise de cor foi realizada em colorímetro modelo Chroma meter CR-410 da marca Konica Minolta Sensing, Inc (Japão), sendo obtidas as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Os parâmetros  $C^*$  e  $H$  foram obtidos a partir das equações 9 e 10.

$$C^*: (a^*)^2 + (b^*)^2 \quad (9)$$

$$H: \text{tag}^{-1} (b^* / a^*) \quad (10)$$

Segundo a CIE (Commission Internationale de L'Eclairage), as coordenadas são definidas da seguinte forma:  $C^*$  o croma (saturação ou intensidade da cor; 0 = cor impura e 60 = cor pura),  $L^*$  a luminosidade (brilho, claridade ou refletância; 0 = escuro/opaco e 100 = branco) e,  $H$  o ângulo Hue (tonalidade;  $0^\circ$  = vermelha;  $90^\circ$  = amarelo;  $180^\circ$  = verde;  $270^\circ$  = azul) (MINOLTA CORP., 2007).

- b) As análises de Acidez Total Titulável (ATT), pH e Sólidos Solúveis Totais (°Brix) foram realizadas de acordo com Instituto Adolfo Lutz (2008).

### 3.2.7.3 Avaliações de trocas gasosas

As medições foram conduzidas na folha mais jovem completamente expandida, durante o período matutino (8:00 e 12:00 horas), empregando um Analisador de Gás no Infravermelho portátil - IRGA, (modelo LCI, ADC, BioScientific, Inglaterra). O monitoramento das atividades ecofisiológicas das plantas foi realizado mensalmente, iniciando-se aos 15 dias após o transplântio (DAT), com as seguintes variáveis (Figura 22):

- Fotossíntese líquida (A) em  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .
- Taxa de transpiração (E) em  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .
- Condutância estomática (gs) em  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .
- Concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) em  $\mu\text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .
- Temperatura foliar ( $T_{\text{leaf}}$ ) em  $^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 22.** Irga para coleta de trocas gasosas das plantas de tomate cereja pêra vermelho.



Foto: Autora (2023).

### 3.2.7.4 SPAD

As leituras foram aferidas com medidor clorofila portátil SPAD-502, realizando duas leituras em folhas do terço médio da planta, obtendo-se a média (Figura 23). Esse medidor pode ser empregado nas plantas como um método não destrutivo em qualquer estágio do

processo de crescimento das folhas, e os valores coletados são descritos como índice, valor ou leitura SPAD (MINOLTA, 1989).

**Figura 23.** SPAD para coleta de unidades de clorofila das plantas de tomate cereja.



Foto: Autora (2023).

### ***3.2.7.5 Potencial hídrico foliar***

O potencial hídrico foliar foi mensurado sempre no horário da manhã, com auxílio da câmara de pressão Scholander (SCHOLANDER *et al.*, 1965) (Figura 24) utilizando uma folha completamente expandida do terço médio de uma planta por tratamento, obtendo a média expressa em MPa. A determinação ocorreu imediatamente após a coleta das folhas, em condições de elevada demanda atmosférica.

**Figura 24.** Bomba de Scholander para coleta do potencial hídrico das folhas: Inserção do pecíolo (A) e verificação da exsudação (B).



Foto: Autora (2023).

### 3.2.7.6 Produtividade da água de irrigação (PAir)

A PA é um conceito considerado recente a fim de quantificar o retorno unitário obtido em cada unidade de volume hídrico utilizado na produção de determinado produto (BRITO, 2007). Ao final do experimento foi estimado o volume aplicado em cada tratamento considerando o Kc da cultura. A produtividade da água foi calculada pela relação entre os valores de biomassa total dos frutos e a quantidade de água (mm) aplicada em cada tratamento durante o cultivo do tomateiro (Equação 11).

Eq. 11:

$$PA = \frac{Y}{W} \quad (11)$$

Em que:

PA: Produtividade da água, kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>;

Y: Quantidade do produto, kg ha<sup>-1</sup>;

W = Lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, mm.

### 3.2.7.7 Coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico ( $K_y$ )

Este foi quantificado pelo fator  $K_y$  (DOORENBOS; KASSAM, 1994), que estabelece a relação entre a redução do rendimento relativo  $[1-(Y_r/Y_m)]$  e o déficit relativo de evapotranspiração relativa  $[1- (ET_r/ET_m)]$ , seguindo a seguinte equação (Equação 12):

$$K_y = \frac{\left[1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right]}{\left[1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right]} \quad (12)$$

Em que:

$Y_r$ : Rendimento real da cultura obtido nos tratamentos submetidos ao déficit hídrico.

$Y_m$ : Rendimento máximo da cultura obtido no tratamento sem déficit hídrico.

$ET_r$ : Evapotranspiração real da cultura obtida nos tratamentos submetidos a déficit hídrico.

$ET_m$ : Evapotranspiração máxima da cultura obtida no tratamento sem déficit hídrico.

## 3.3 Análises Estatísticas

Para análise estatística foram admitidas as médias das três avaliações mensais. Para análise químico-física, todas as análises foram realizadas em triplicata, os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Assistant 7.0 (SILVA *et al.*, 2016).

Para a análise de produtividade os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo SAS (*Statistical Analysis Software*) (SAS, 1992) versão 9.4 e para comparações entre médias de tratamentos foi utilizado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Os gráficos foram elaborados com auxílio do SigmaPlot 12.5.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

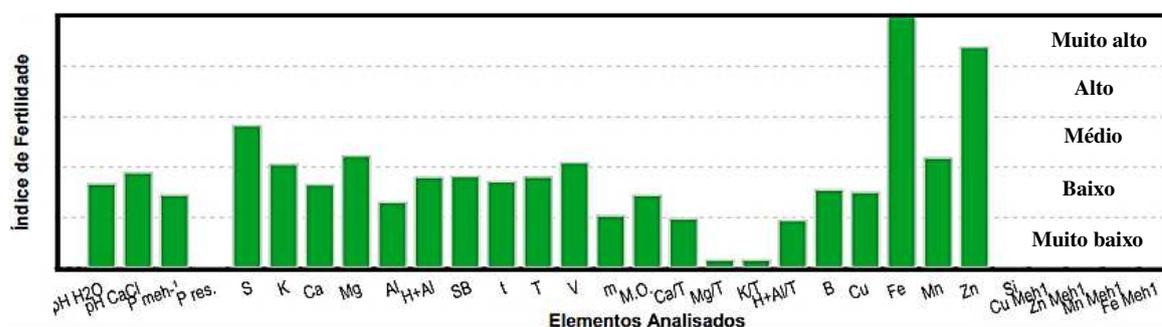
### 4.1 Determinação da metodologia de uso do hidrogel no cultivo do tomate cereja

Após expansão total e drenagem do excesso de água de um grama do polímero hidrogel foi obtido 304,5g, conferindo alta capacidade de retenção hídrica. Segundo Prevedello e Loyola *et al.* (2007) os hidrogéis têm o potencial de absorver 150 a 400 vezes sua massa seca, tornando-se uma alternativa diante da limitada disponibilidade de água no solo. Ademais, atende a referência expressa pelo fabricante, no qual o polímero quando hidratado chega a atingir cerca de 300 vezes o seu peso seco.

Segundo Gervásio e Frizzone (2004) em um estudo de caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo, a absorção do polímero quando submetido à saturação hídrica distinguia do polímero quando misturado em meio de cultivo, seja solo ou substrato. Em concordância, Fonteno e Bilderback (1993), verificaram que, a expansão do hidrogel em água destilada foi notadamente maior do que em substrato.

Salienta-se que, em condições de solo, não devem ser descartadas possíveis alterações na capacidade de retenção hídrica do polímero hidrorretentor. A figura 25, exibe o índice de fertilidade do solo de estudo, sendo possível observar índice “alto” de zinco e “muito alto” para o ferro. Sita *et al.* (2005) estudando o efeito de polímeros associados a fertilizantes constataram redução da capacidade de retenção hídrica pelo hidrogel e deterioração deste quando na presença de formas iônicas de ferro, de Ca e de Mg.

**Figura 25.** Fertigrama do solo utilizado no presente estudo.



Fonte: Laboratório de Análises Ambientais e Agrícolas, Monte Carmelo, MG, 2022.

Analisando distintas metodologias de aplicação do hidrogel ao solo arenoso, objetivando maior economia do insumo e constatando no teste de condução de mudas

carreamento dos polímeros de hidrogel por meio das raízes para diversas regiões do solo (Figura 26), o método definido para condução do experimento foi o S + SH + S (1/3 de solo na parte inferior, 1/3 de solo com hidrogel na parte mediana e 1/3 de solo na parte superior).

**Figura 26.** Observação final do teste (A, B, C, D).

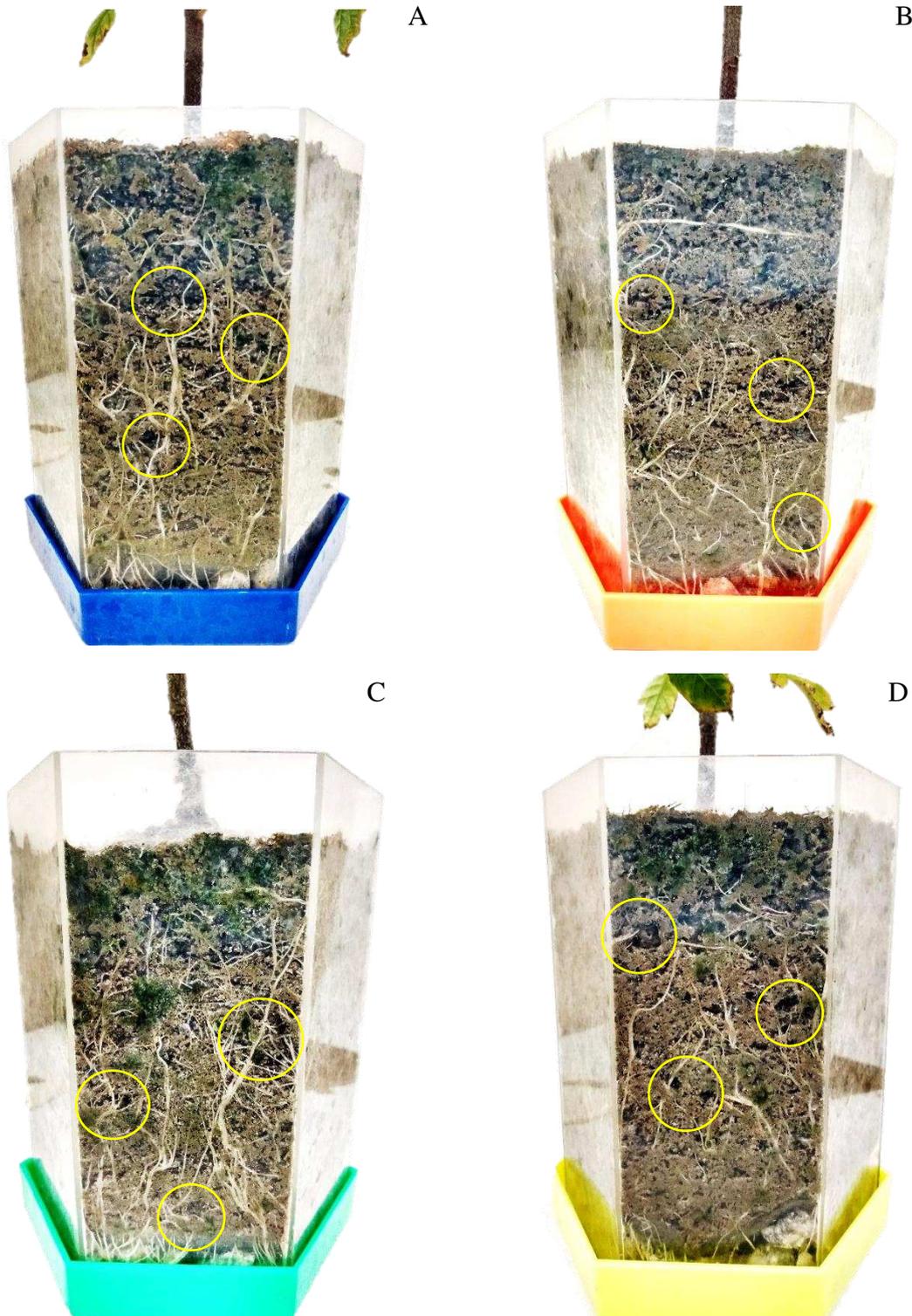


Foto: Autora (2023).

Além disto, como foi notado carreamento do polímero hidrogel pelas raízes tanto para a camada inferior quanto superior do recipiente, definiu-se para o experimento, 30 g de hidrogel na camada mediana do solo, conferindo 3g de hidrogel por litro de solo, conforme indicado pelo fabricante. Finalizado o experimento, foi realizado análise visual do solo contendo o sistema radicular da planta de tomateiro com uso do hidrogel, sendo possível notar concentração do polímero hidrogel em toda a extensão do solo (Figura 27).

**Figura 27.** Solo indeformado com estruturação do sistema radicular do tomateiro.

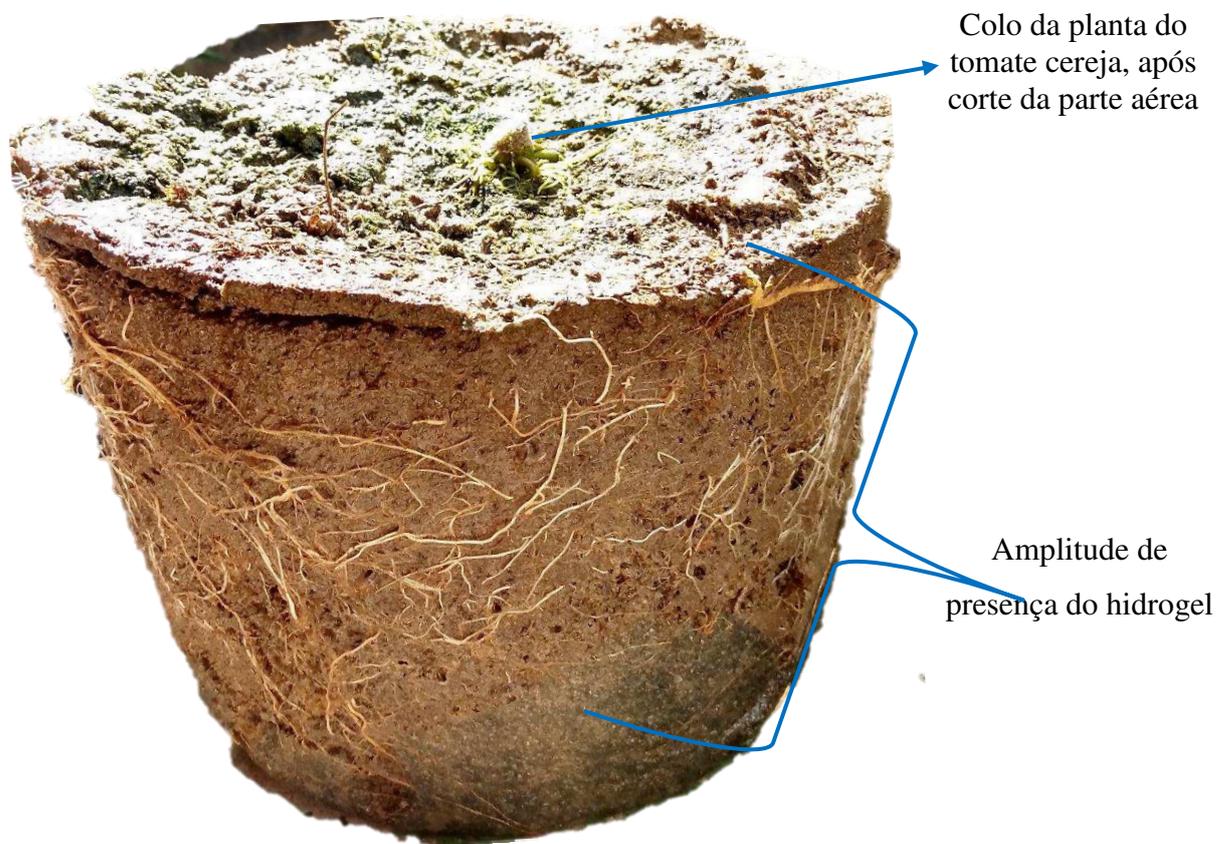
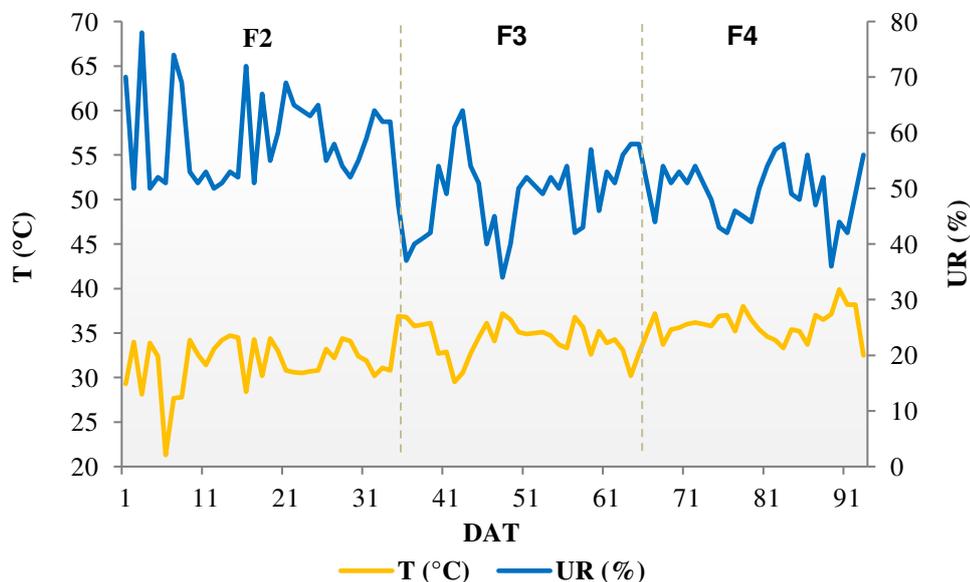


Foto: Autora (2023).

## 4.2 Caracterização da área experimental

Na Figura 28, são apresentados os valores médios de temperatura do ar ( $T$  °C) e umidade relativa do ar (UR%) dentro do ambiente protegido durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento do tomate cereja pêra vermelho.

**Figura 28.** Curvas das médias de temperatura do ar e da umidade relativa do ar no interior da estufa em função das médias dos dias após transplântio das mudas.



Fonte: Elaborado pela autora. F2 – Fase vegetativa, F3 – Fase de florescimento e frutificação, F4 – Fase de maturação e colheita, T (°C) – Temperatura do ar, UR% - Umidade relativa do ar, DAT – Dias após o transplântio.

No período em que o experimento foi conduzido, a temperatura média no interior do telado foi de 31,29 °C no mês de julho, 33,18 °C no mês de agosto, 34,97 °C no mês de setembro e de 35,85 °C no mês de outubro de 2022. Nesse mesmo período, para a umidade relativa do ar constatou-se cerca de 57,65% no mês de julho, 53,83% no mês de agosto, 50,43% no mês de setembro e 46,78% no mês de outubro. Julho abrange do 1° ao 17° DAT, agosto do 18° ao 48° DAT, setembro do 49° ao 78° DAT e outubro do 79° ao 93° DAT.

De acordo com Caliman *et al.* (2005), temperaturas elevadas dentro dos limites favoráveis à cultura, aliadas à adequados teores de umidade relativa do ar, aceleram e estimulam a velocidade das reações bioquímicas necessárias para o crescimento da planta e produção de frutos, como também observados por Walker e Ho (1977) que estudando translocação de carbono no tomate, constataram aumento da expansão e peso do fruto em maiores temperaturas.

Entretanto, de acordo com Fernandes *et al.* (2018), a faixa de temperatura ótima para a produção de tomate varia entre 15 e 20 °C durante a noite e entre 21 e 28 °C durante o dia. Valores esses inferiores às temperaturas registradas em todo o experimento, o que ocasionou murchamento das plantas, sobretudo nas estratégias E4 e E5 e morte das folhas mais inferiores da planta de tomateiro (Figura 27). Pes e Arenhardt (2018), discorrem que, a planta

submetida ao déficit hídrico produz mais etileno e ácido abscísico, sendo esses dois hormônios responsáveis por aceleração do processo de envelhecimento da planta.

**Figura 29.** Senescência foliar do tomateiro sob estratégia de déficit hídrico regular (DR).



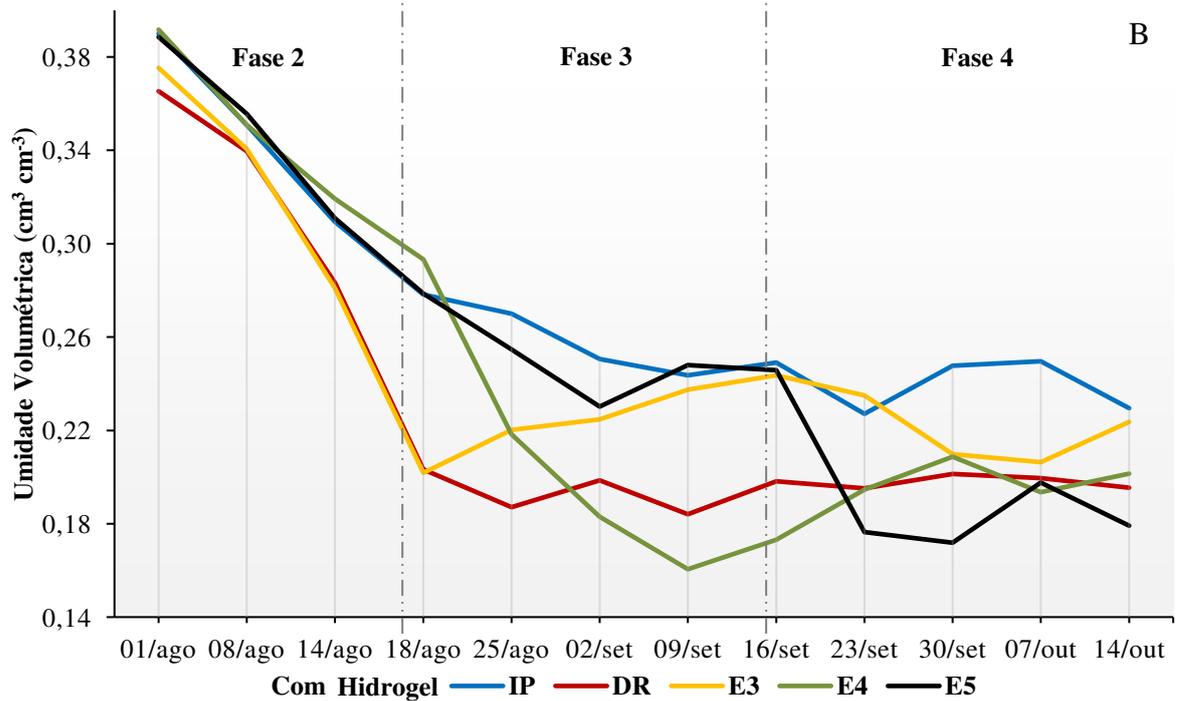
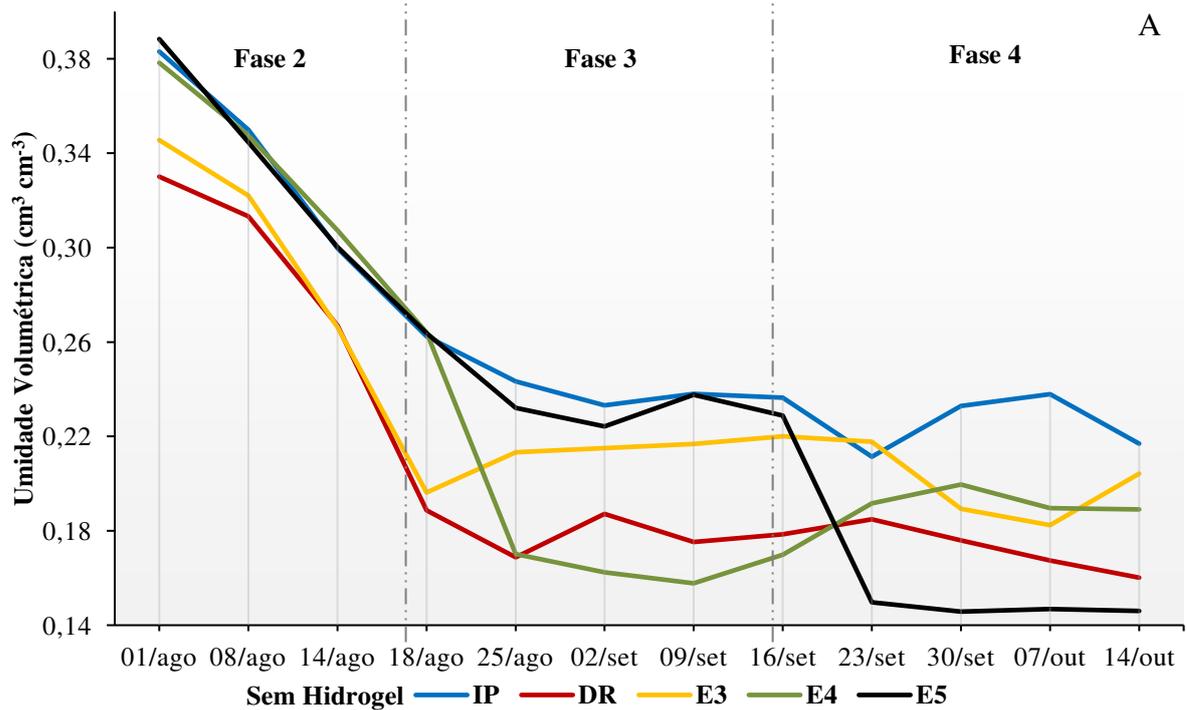
Foto: Autora (2023).

Ademais, Franca (2015) estudando microclima e EUA no cultivo do tomate cereja conduzido em ambiente protegido e a céu aberto, os valores mais elevados de eficiência do uso da água foram alcançados no ambiente protegido. Suresh *et al.* (2018), em estudo sobre o uso de polímeros superabsorventes e o efeito de regimes hídricos na cultura do tomate cereja, concluíram que, esses polímeros podem elevar o a eficiência do uso da água e rendimento da cultura, quando conduzidos em casa de vegetação.

#### 4.3 Potencial hídrico do solo

No presente estudo, foi possível constatar que, as curvas exibem comportamento consoante respostas verificadas nos parâmetros de crescimento da cultura e produtividade (Figura 30). Segundo Lucas *et al.* (2011), a curva característica de água no solo é indispensável para a averiguação do comportamento físico-hídrico dos solos não saturados, sendo esta segundo Machado *et al.* (2008) objeto de estudo no manejo e qualidade dos solos.

**Figura 30.** Curvas de retenção de água no solo obtidas no desenvolvimento da cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na fase 2, os tratamentos DR e E3 ambos submetidos a irrigação deficitária, exibem uma queda mais acentuada no conteúdo de água do solo no tratamento SH (E3: 0,35; 0,32; 0,27) e DR (0,33; 0,31; 0,27  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^3$ ) e CH (E3: 0,38; 0,34; 0,28) e DR (0,37; 0,34; 0,28  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^3$ ), sendo evidenciado, apesar de menos acentuada, comportamento decrescente das curvas referente às outras estratégias de irrigação (IP, E4 e E5) ao longo da fase vegetativa. Isto pode

ser visualizado sobretudo no tratamento IP, no qual apesar de não sofrer déficit hídrico, exibe queda acentuada na fase 2 e suave na fase 3 e 4, possivelmente visto no início do crescimento, tendo a planta pouca exploração das raízes no solo, este mantém-se mais úmido.

Na fase 3, já evidencia-se comportamento similar entre os tratamentos com e sem hidrogel, aumento no conteúdo de água do solo no tratamento E3 a partir do 5º dia de início da fase 3 (SH: 0,21 e CH:0,22 cm<sup>3</sup>.cm<sup>3</sup>), menor instabilidade na variação de umidade na estratégia DR, principalmente no tratamento CH, até o final da fase 4. Entretanto, na fase 3 nota-se dentre as curvas, redução acentuada na estratégia E4, sobretudo, após 5 dias sob irrigação deficitária (SH: 0,17; 0,16; 0,16; 0,17 e CH: 0,22; 0,18; 0,16; 0,17 cm<sup>3</sup>.cm<sup>3</sup>), conduzindo a um maior abortamento de flores e queda de produtividade, sobretudo nos tratamentos SH.

A fase 4 foi marcado pelo menor conteúdo de água no solo, principalmente no tratamento E5'SH seguido do DR'SH, com média de 0,15 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> e 0,16 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, respectivamente, enquanto que, a estratégia IP'SH apresentara 0,23 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> de umidade. No geral, o presente estudo constatou maior conteúdo de água no solo contendo hidrogel. Segundo Idrobo; Rodriguez e Ortíz (2010), o hidrogel pode elevar a eficiência de retenção hídrica em solos arenosos, sendo um potencial complemento para solos pobres em nutrientes e de drenagem naturalmente elevada.

#### 4.4 Parâmetros de crescimento da planta

A análise de variância para as variáveis relacionadas ao crescimento das plantas de tomate cereja pêra vermelho encontra-se resumida na Tabela 10. Observa-se que a aplicação do polímero hidrogel ao solo para as variáveis de crescimento influenciou significativamente apenas na altura da planta (AP) aos 90 DAT, área foliar (AF) e massa fresca da folha (MFF), à 1%, 5% e 1%, respectivamente. Nascimento *et al.* (2021) estudando taxas de crescimento do tomateiro Santa Cruz, verificou que o hidrogel não interferiu em nenhum dos parâmetros de crescimento.

**Tabela 10.** Resumo das análises de variância (F calculado) da altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), comprimento radicular (CR), área foliar (AF), massa fresca da folha, caule e raiz (MFF, MFC, MFR, respectivamente), massa seca da folha, caule e raiz (MSF, MSC, MSR, respectivamente), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.

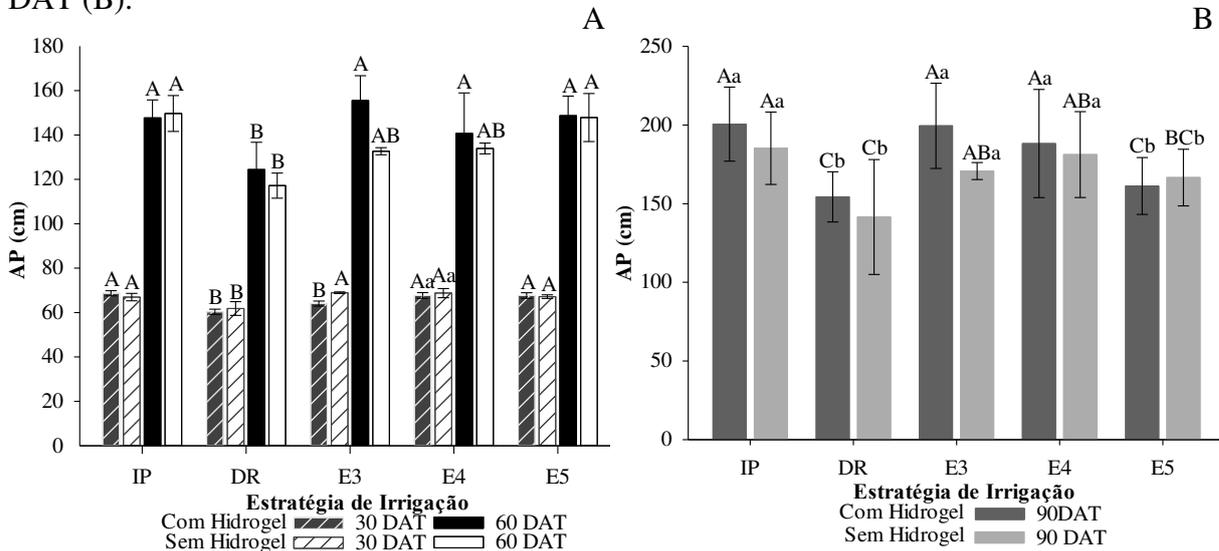
Parâmetro Avaliação	DAT	Fonte de Variação				CV (%)	Média geral
		Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)	E x H		
AP	30	0,39 <sup>ns</sup>	27,78 <sup>*</sup>	4,43 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	2,38	66,19
	60	0,59 <sup>ns</sup>	8,58 <sup>*</sup>	4,08 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	7,99	139,86
	90	3,15 <sup>ns</sup>	9,67 <sup>*</sup>	4,83 <sup>**</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	9,64	174,93
DC	30	1,49 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	3,76 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	11,98	8,56
	60	1,11 <sup>ns</sup>	4,95 <sup>*</sup>	4,10 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	8,41	10,23
	90	1,98 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	3,46 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	8,44	11,89
NF	30	3,10 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	8,96	16,42
	60	3,68 <sup>*</sup>	6,30 <sup>**</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	2,72 <sup>ns</sup>	12,03	36,00
	90	1,20 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>*</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	2,67 <sup>ns</sup>	14,06	45,05
CR	90	1,21 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	28,68	42,95
AF	90	9,11 <sup>**</sup>	6,09 <sup>**</sup>	8,64 <sup>*</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	14,43	2176,8
MFF	90	3,37 <sup>ns</sup>	5,66 <sup>**</sup>	13,75 <sup>**</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	13,54	125,05
MFC	90	2,90 <sup>ns</sup>	9,35 <sup>**</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	15,74	122,99
MFR	90	0,23 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	41,27	83,22
MSF	90	1,89 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	4,02 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	43,34	25,37
MSC	90	1,45 <sup>ns</sup>	6,00 <sup>**</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	21,75	40,45
MSR	90	0,13 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	42,72	36,86

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; DAT - dias após transplante; CV - coeficiente de variação.

Observando o efeito da estratégia de irrigação, constatou-se resposta significativa para altura de planta (AP), diâmetro caulinar aos 60 DAT, número de folhas aos 60 e 90 DAT, área foliar (AF), massa fresca da folha e do caule (MFF, MFC), massa seca do caule (MSC). Não foi possível constatar resposta significativa para a interação dos tratamentos. Para efeito de blocos, apenas o NF aos 60 DAT e a AF foram significativas a 5 e 1%, respectivamente.

Para a variável AP (Figura 31), constatou-se maior crescimento na estratégia IP, evidenciando no tratamento sem hidrogel “SH” o maior crescimento aos 15 DAT, referente a fase vegetativa e no tratamento com hidrogel “CH” maior crescimento das plantas entre os 30 aos 45 DAT. Lima *et al.* (2017), ao investigar diferentes lâminas de irrigação na cultura do tomate, constataram um aumento significativo na AP com a aplicação de 100% da ETo.

**Figura 31.** Médias e desvios-padrão obtidos para a altura de planta (AP) do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, aos 30 e 60 DAT (A) e 90 DAT (B).



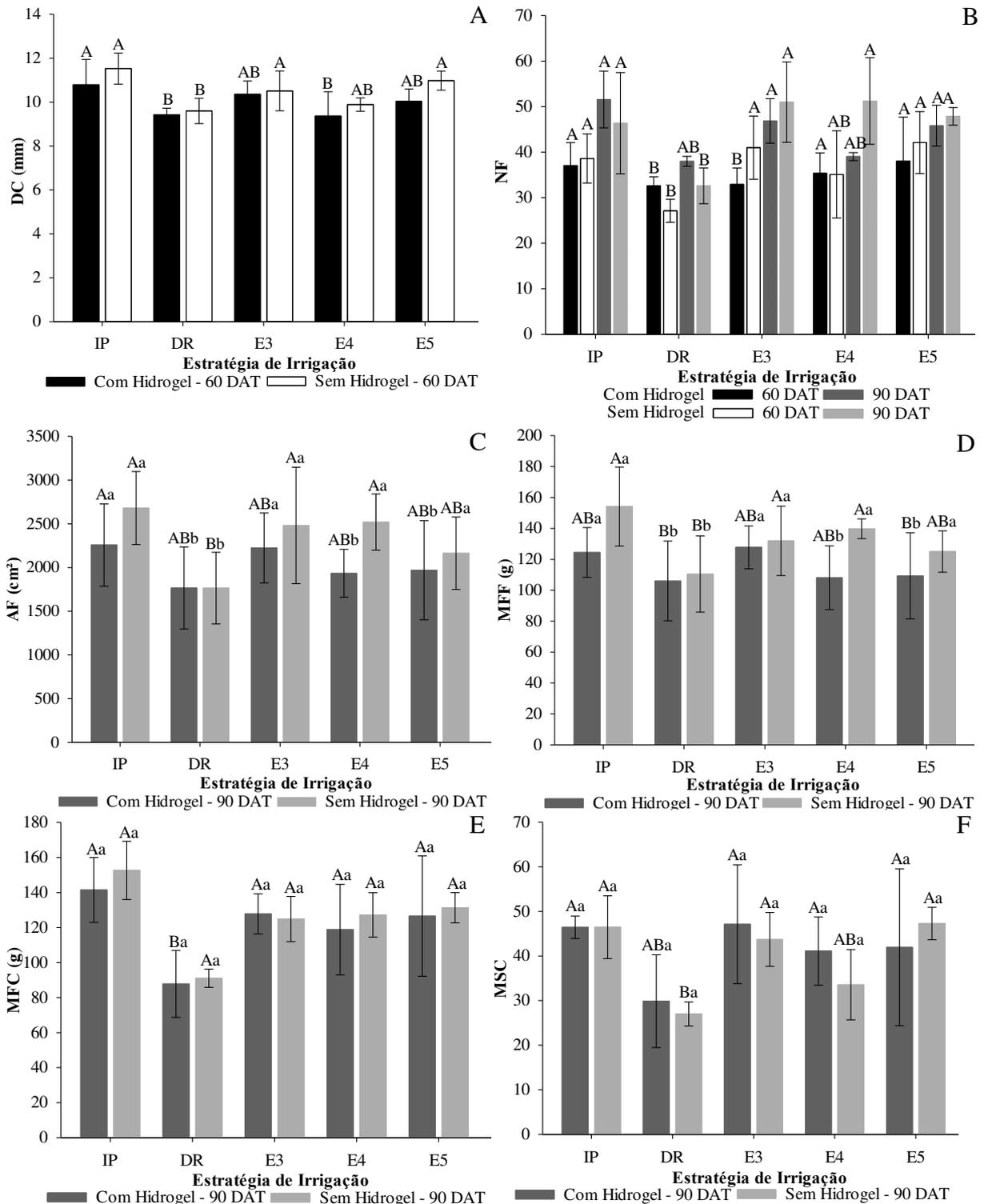
Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente. Comparar letras maiúsculas e minúsculas referentes ao mesmo período de avaliação.

No entanto, nota-se sobretudo aos 60 e 90 DAT que, independente do déficit hídrico aplicado na estratégia E3, as plantas responderam no tratamento com hidrogel, médias de AP similares ao tratamento IP'CH, sem diferença estatística. Soares *et al.* (2012) citam que, em resposta ao estresse hídrico, plantas de tomateiro são capazes de promover acúmulo de reservas no sistema radicular para o crescimento da parte aérea, construindo mecanismos importantes de adaptação no ciclo da cultura. Foram observadas as menores médias para AP na estratégia DR, independente do uso do hidrogel.

Para a variável DC (Figura 32 A), foi possível notar para o tratamento SH, maior crescimento nos primeiros 15 DAT e para o tratamento CH maior média entre os 30 aos 45 DAT referente a fase de florescimento e frutificação. Aos 60 DAT, a estratégia IP independente do uso do hidrogel, seguido da estratégia E5'SH e E3'SH, apontaram as maiores médias para a variável DC, exibindo em contrapartida as menores médias plantas submetidas a estratégia DR, independente do uso do hidrogel e, E4'SH.

**Figura 32.** Médias e desvios-padrão obtidos para: diâmetro caulinar (DC) (A), número de folhas (NF) (B), área foliar (AF) (C), massa fresca da folha (MFF) (D), massa fresca do caule

(MFC) (E), massa seca do caule (MSC) (F), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.



Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estrategia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente. Comparar letras maiúsculas e minúsculas referentes ao mesmo período de avaliação.

Com efeito, plantas submetidas a déficit hídrico sofrem redução da turgescência celular (TORRECILLAS *et al.*, 1996). Navroski (2013) avaliando o hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus*, observou que sua aplicação não influenciou significativamente na turgidez das plantas, independentemente da frequência adotada na irrigação. Do mesmo modo, Lima *et al.* (2017), avaliando lâminas de irrigação e formas de adubação na produção de tomate, não notaram diferença do DC ao uso do hidrogel.

Santana *et al.* (2010) estudando níveis de reposição de água no solo na produção de tomate obtiveram maior DC na lâmina de 100% da ETc, sendo observados os menores valores de DC quando em excesso ou em déficit hídrico. Entretanto, Morales *et al.* (2015) estudando a cultura do tomate submetida a déficit hídrico observou que dentre as variáveis analisadas o DC não foi influenciado pela variação de umidade no solo.

Para o número de folhas (NF), notam-se as maiores médias nas estratégias IP e E5, independente do uso do hidrogel, exibindo diferença significativa dos tratamentos aos 60 e 90 DAT, evidenciando-se que, o déficit hídrico aplicado na fase de maturação e colheita do fruto, não refletiu significativamente na variável NF das plantas. Em contrapartida, as plantas submetidas à estratégia DR exibiram a pior resposta para a variável NF aos 60 e 90 DAT. Segundo Bernier *et al.* (2008) se a biomassa da planta for maior, a necessidade hídrica também será maior, devido à maior exigência na transpiração total da planta.

Do mesmo modo, para a variável área foliar (AF), a estratégia DR apresentou as menores médias, sobretudo no tratamento sem hidrogel. Resposta similar à estratégia IP, foram evidenciados nos tratamentos E3 e E4 sem presença do hidrogel, para as maiores médias de AF. Segundo Taiz e Zeiger (2009) plantas submetidas a situações de déficit hídrico tendem a desenvolver folhas menores com maior espessura objetivando minimizar a perda de água por transpiração. Ademais, esse efeito de estresse pode reduzir a altura das plantas (FIALHO *et al.*, 2010) a expansão foliar (RODRIGUES *et al.*, 2018) e, o diâmetro do colo (ARAÚJO *et al.*, 2011), ocasionando conseqüentemente a redução de biomassa vegetal (PEREIRA; CATÃO; CAIXETA, 2020).

Segundo Anjum *et al.* (2011), a resposta de menor AF da planta somado ao menor NF deve-se a um mecanismo utilizado pela planta, ao qual quando submetida a déficit hídrico, acelera a senescência e abscisão foliar, de forma a reduzir a transpiração e conservar mais umidade no solo. Bergamaschi *et al.* (2004), comentam que a escassez hídrica no solo pode ocasionar diminuição da AF através do secamento ou queda das folhas, como forma de restringir a perda de água pelo processo de transpiração. Essas conseqüências derivam de uma

variedade de mudanças fisiológicas, como o fechamento dos estômatos (ROYER, 2001), redução do teor hídrico nas folhas (HETHERINGTON; WOODWARD, 2003) e, deposição de cera na superfície das folhas (KERSTIENS, 2006).

Para a variável massa fresca da folha (MFF), as menores médias também foram evidenciadas em plantas submetidas à estratégia DR, independente do uso do hidrogel, sendo as melhores respostas apontadas nas demais estratégias sem uso do hidrogel, sobretudo na IP, E3 e E4. Do mesmo modo, tanto a massa fresca e seca do caule (MFC, MSC, respectivamente), exibiram as menores médias sob a estratégia DR, evidenciando apenas na MFC melhor resposta para o tratamento sem hidrogel, não diferindo significativamente do tratamento IP.

Observado as respostas dos parâmetros de crescimento das plantas de tomate cereja pêra vermelho aos tratamentos submetidos, constata-se que quando submetidas ao déficit hídrico no estágio de crescimento vegetativo respondem melhor na recuperação do status hídrico sem comprometimento dos parâmetros de produtividade, resultados estes também observados por Santos (2019) em pesquisa sobre o déficit hídrico em diferentes fases fenológicas do tomateiro.

Quanto ao uso do hidrogel, esperava-se que este proporcionasse respostas mais expressivas nos parâmetros de crescimento, visto possibilitar maior armazenamento hídrico no solo para as plantas. Entretanto, assim como no presente estudo, Carvalho (2017) e Abdala (2019) em pesquisa com polímero hidrogel na cultura do tomate, observaram que não houve resposta significativa à presença do hidrogel no crescimento da cultura.

Avaliando a variável número de flores (NFL), nota-se efeito da estratégia de irrigação aos 30, 60 e 90 DAT a 1% de significância (Tabela 11). Para o fator hidrogel e interação dos tratamentos avaliados, apenas aos 30 DAT evidenciou-se efeito significativo. Na mesma tabela, analisando o número de abortos florais (NAF) ao fim dos 60 DAT, evidenciou-se efeito significativo a 5% para a estratégia de irrigação, não sendo notada influência do hidrogel e nem interação dos tratamentos.

**Tabela 11.** Resumo das análises de variância (F calculado) do número de flores (NFL) e abortos florais (NAF), em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, na cultura do tomate cereja pêra vermelho.

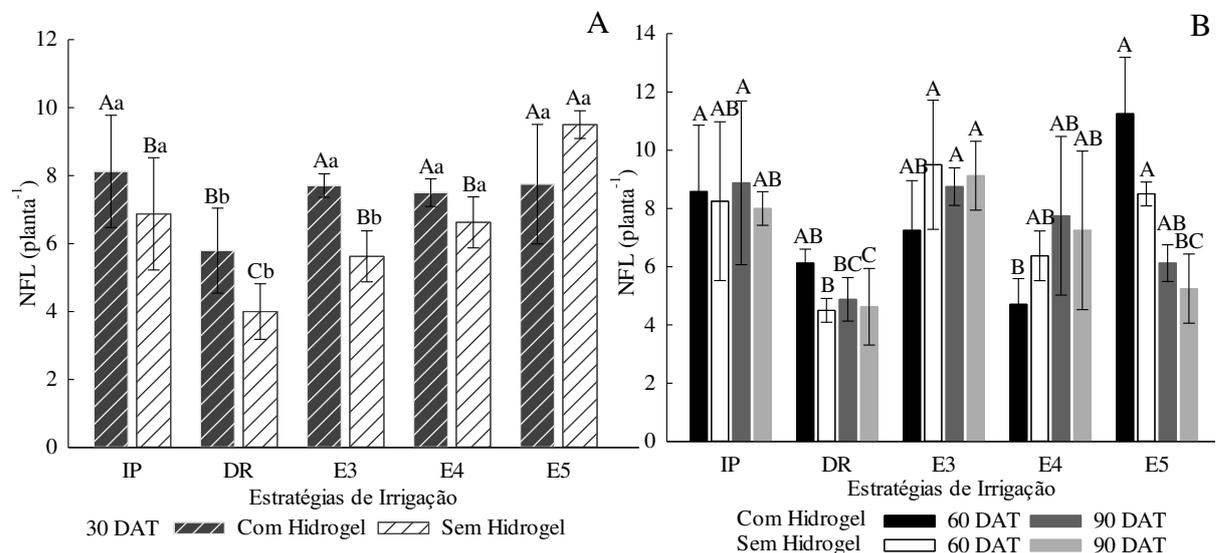
Parâmetro Avaliação	DAT	Fonte de Variação			CV (%)	Média geral
		Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)		

	30	2,16 <sup>ns</sup>	16,45 <sup>**</sup>	8,01 <sup>*</sup>	5,17 <sup>*</sup>	13,66	6,95
<b>NFL</b>	60	1,26 <sup>ns</sup>	6,71 <sup>**</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	28,98	7,50
	90	0,96 <sup>ns</sup>	6,86 <sup>**</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	27,38	7,06
<b>NAF</b>	60	1,70 <sup>ns</sup>	4,71 <sup>*</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	41,02	7,32

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; DAT - dias após transplanto; CV - coeficiente de variação.

Aos 30 DAT, plantas submetidas a estratégia E5 apontaram as maiores médias para a variável NFL, independente do uso do hidrogel, sendo observado nas demais estratégias as melhores respostas em plantas conduzidas com o polímero hidrogel (Figura 33 A). Tanto aos 60 quanto aos 90 DAT, as menores respostas para NFL foram evidenciadas em plantas submetidas a estratégias DR, seguido da E4 (Figura 33 B). Aos 60 DAT as maiores médias foram observadas nos tratamentos sob lâminas de 100% da ETc, sobretudo na estratégia E5 para os tratamentos com e sem hidrogel. Aos 90 DAT, plantas submetidas a estratégia E3 apresentaram as melhores respostas, nos tratamentos com e sem hidrogel.

**Figura 33.** Médias e desvios-padrão obtidos para o número de flores (NFL), em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30 DAT (A) e, 60, 90 DAT (B).



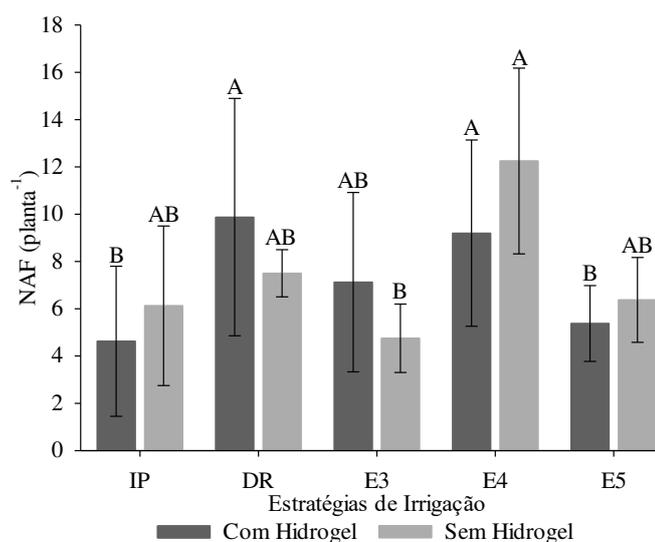
Fonte: Elaborado pela autora. CH - Com hidrogel, SH - Sem hidrogel. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente. Comparar letras maiúsculas e minúsculas referentes ao mesmo período de avaliação.

De modo geral, no presente estudo verificou-se que o déficit hídrico aplicado na fase de florescimento e frutificação ocasionou maior redução do NFL, quando comparado às demais fases de crescimento da cultura. Similarmente, Soares *et al.* (2013), avaliando respostas

do tomateiro ao déficit hídrico observaram que a fase de floração foi a mais sensível, sendo inviável haver restrição hídrica para a cultura nesse período. Deve-se destacar que, devido a polinização na grande maioria ter sido realizada por controle manual, visto a estufa ser totalmente fechada, sem permitir entrada do vento e de agentes polinizadores que facilitasse o contato do grão de pólen com o óvulo, isto deve ser considerado no insucesso do florescimento.

A Figura 34 exibe as médias referentes ao número de abortamentos florais (NAF) obtidos ao final da fase de florescimento e frutificação, podendo-se aferir que plantas submetidas às estratégias E4 e DR foram as mais afetadas. Em contrapartida, os tratamentos sob lâminas de 100% da ETc, sobretudo as estratégias IP'CH, E5'CH e E3'SH. Segundo Campos; Santos e Nacarth (2021), algumas plantas sob déficit hídrico na fase de florescimento, pode impossibilitar a produção de flores e levar ao abortamento destas.

**Figura 34.** Médias e desvios-padrão obtidos para o número de abortos florais (NAF) do tomate cereja, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora. CH - Com hidrogel, SH - Sem hidrogel. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente. Comparar letras maiúsculas e minúsculas referentes ao mesmo período de avaliação.

Ressalta-se que, além do déficit hídrico aplicado (50% da ETc), a ocorrência de temperatura elevada do local no período da floração, chegando a 37,5 °C no interior da estufa, pode ter influenciado no abortamento floral, visto conforme Alvarenga (2004), temperaturas superiores a 32 °C motivarem abscisão floral na cultura do tomateiro. Fernandes *et al.* (2012), trabalhando com o café observaram que, havendo restrição hídrica na fase de florescimento e frutificação, resultou em abortamento floral, impactando na produtividade dos grãos.

#### 4.5 Parâmetros de produção do tomate cereja pêra vermelho

Na Tabela 12 é possível verificar o efeito significativo da estratégia de irrigação para as variáveis NTF, PTF, DL, DT a 1% de significância e, apenas para o NTF e PTF efeito significativo da interação dos tratamentos aplicados. Não foi observado influência do polímero hidrogel para as variáveis de produtividade, resposta também verificada por Silva (2019) que estudando a produção de tomate BRS Nagai em função de doses de hidrogel e lâminas de irrigação, verificaram que o polímero hidrogel não influenciou na produção do tomateiro.

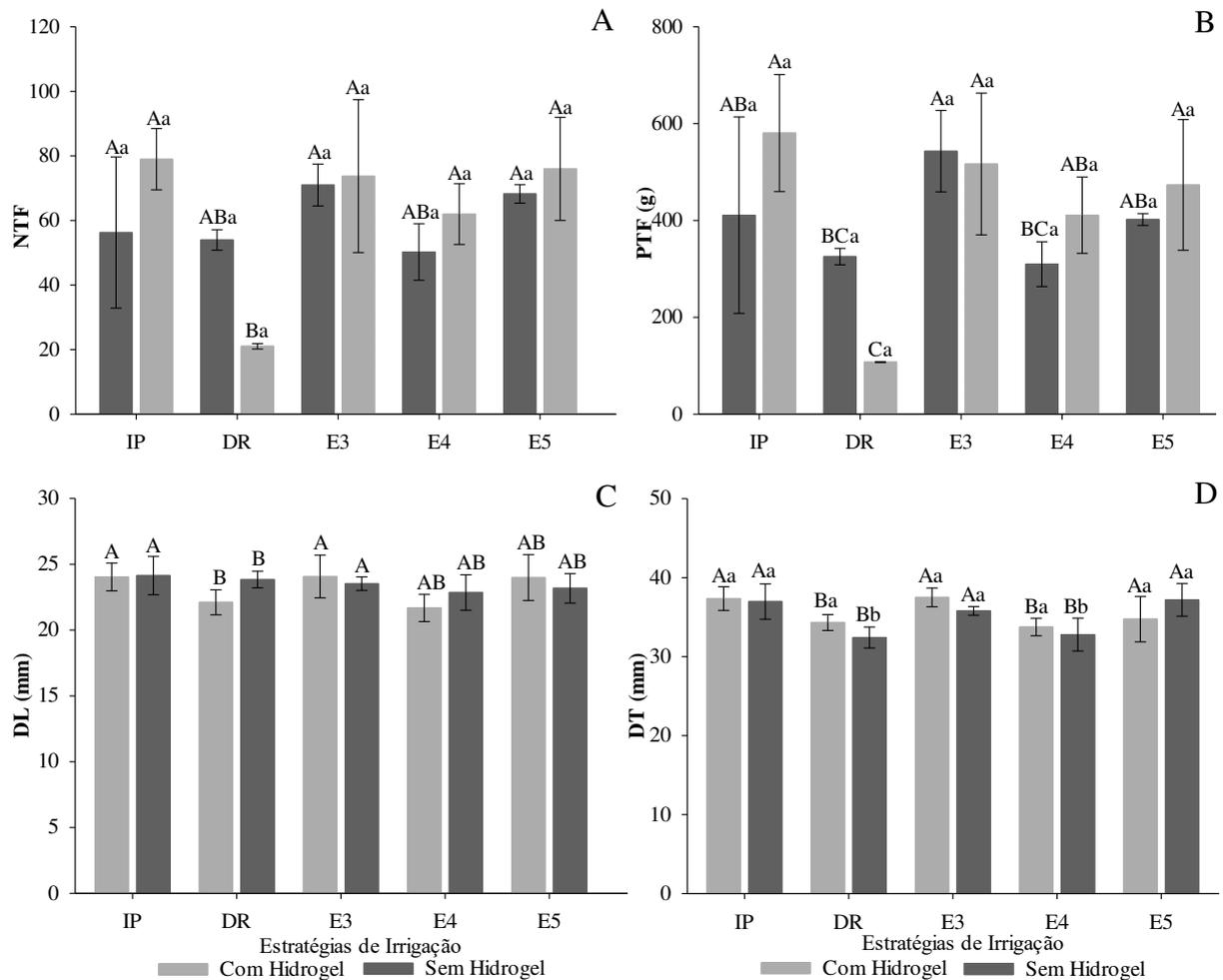
**Tabela 12.** Resumo das análises de variância (F calculado) do número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.

Parâmetro Avaliação	Fonte de Variação			CV (%)	Média geral	
	Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)			E x H
NTF	0,98 <sup>ns</sup>	12,31 <sup>**</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	6,29 <sup>**</sup>	19,48	61,15
PTF	1,96 <sup>ns</sup>	19,04 <sup>**</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	6,90 <sup>**</sup>	19,85	408,08
DL	0,78 <sup>ns</sup>	5,58 <sup>**</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	5,36	23,09
DT	0,37 <sup>ns</sup>	9,68 <sup>**</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	3,18 <sup>ns</sup>	4,88	35,39

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; CV - coeficiente de variação.

Para o parâmetro NTF (Figura 35 A), verificou-se que, a estratégia de irrigação DR exibiu os menores valores, sobretudo nos tratamentos sem hidrogel, com decréscimo em cerca de 73,41% do NTF quando comparado a estratégia IP, enquanto que no tratamento com hidrogel houve redução de apenas 4% do DR para IP'CH.

**Figura 35.** Médias e desvios-padrão obtidos para as variáveis: número total de frutos (A), peso total de frutos (B), diâmetro longitudinal (C) e diâmetro transversal (D) de tomate cereja, sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente.

Em contrapartida, observou-se que as melhores respostas foram constatadas nas estratégias IP, E3 e E5, sem diferença estatística para os tratamentos. Desse modo, déficits hídricos aplicados na fase vegetativa e de maturação e colheita, não influenciaram em redução no NTF do tomate. Para o parâmetro de PTF, a estratégia E3 apontou a melhor resposta, independente do uso do polímero hidrogel. A estratégia DR para a variável PTF também apresentou a menor resposta, sobretudo no tratamento sem hidrogel, apontando redução em cerca de 73,30% quando comparado à estratégia IP.

Para a variável DL, não foi verificada diferença estatística para o hidrogel, apontado as maiores médias para os tratamentos IP e E3 e, as menores médias para o tratamento DR, seguido do E4 e E5, nessa ordem. Já para a variável DT, foram evidenciadas diferença estatística para o fator hidrogel e estratégia de irrigação nos tratamentos DR e E4, com melhor resposta ao uso do hidrogel. As estratégias IP, E3 e E5 exibiram as melhores respostas para esta

variável de produção. No geral, o tratamento E3 exibiu as melhores respostas para as variáveis de produção quando comparado à estratégia IP.

Nangaré *et al.*, (2016) estudando o uso da irrigação deficitária no tomateiro observaram que o uso controlado da técnica durante a fase vegetativa, proporcionou benefícios à produção. A adoção da irrigação deficitária na cultura do tomateiro resultou em um aumento da eficiência do uso da água com apenas uma redução marginal no rendimento (KIRDA, *et al.*, 2004). A restrição hídrica diminui a produtividade do tomateiro, eleva a ocorrência de frutos com podridão (SÁ *et al.*, 2005), além de reduzir a condutância estomática, a transpiração e fotossíntese da planta (SRINIVASA RAO; BHATT; SADASHIVA, 2001).

Além da resposta quantitativa, alguns danos podem ser observados no período da maturação, especialmente em condições de variação de umidade, que podem resultar em rachaduras nos frutos (MONTE *et al.*, 2009), fato evidenciado na presente pesquisa, onde foram coletados seis frutos referentes ao tratamento E4 sem hidrogel, contendo rachaduras. Ademais, Monte *et al.* (2009) acrescenta que, essa oscilação na umidade também pode influenciar diretamente na redução do diâmetro dos frutos.

Navroski *et al.* (2014) observaram que a resposta do polímero hidrogel é mais positiva em condições de escassez hídrica quando a irrigação é realizada com menor frequência. Possivelmente, isso ocorre porque as plantas submetidas a déficit hídrico desenvolvem mecanismos de tolerância, que conforme Serra e Sinclair (2002), isto permite a sobrevivência das plantas, apesar de não viabilizar o crescimento e produtividade destas.

Os resultados observados no presente estudo para a estratégia E4 coincidem com diversos trabalhos que apresentam o estágio de floração até o vingamento do fruto, o período de maior demanda hídrica pela cultura do tomateiro (NEMESKÉRI *et al.*, 2019; BRITO *et al.*, 2015; STEDUTO *et al.*, 2012; SOARES *et al.*, 2011). Ademais, além de reduzir parâmetros morfológicos, foi observado que o estresse hídrico aplicado nessa fase induziu ao aborto floral, também registrado por Silva *et al.* (2013) quando avaliaram o impacto das taxas de reposição da evapotranspiração da cultura na produção do tomateiro.

#### **4.6 Análise Físico Química do Tomate Cereja Pêra Vermelho**

Apesar dos parâmetros de produtividade serem fundamentais, parâmetros relacionados à qualidade do fruto também expressam fator indispensável para inserção comercial. Segundo Matos (2010) atributos como brilho, firmeza, tamanho, formato e cor do

fruto são variáveis que condicionam a busca por alternativas de manejo. Os parâmetros de cor encontrados em estudos indicam valores entre 28,0 a 44,6 para a coordenada luminosidade (L\*) e 22,0 a 42,8 para a coordenada cromaticidade (C\*) (GÓMEZ *et al.*, 2001; VINHA *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2014), coincidindo com os valores determinados no presente estudo.

Para as coordenadas L\* e H não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos submetidos, denotando indiferença às lâminas aplicadas e ao uso do hidrogel. Desse modo, apenas as coordenadas a\*, b\* e C\* exibiram diferença estatística, destacando-se que, o tratamento IP'SH, resultou nas melhores características de cor do fruto do tomate cereja e, os tratamentos IP'CH e DR'CH as piores respostas. Segundo Ferreira e Spricigo (2017), quanto maior a coordenada C\* maior é a saturação das cores perceptíveis aos humanos.

**Tabela 13.** Comparação entre tratamentos e valores médios para luminosidade (L\*), verde (-) ao vermelho (+) (a\*), azul (-) ao amarelo (+) (b\*), cromaticidade (C\*) e ângulo hue (H), dos frutos do tomate cereja.

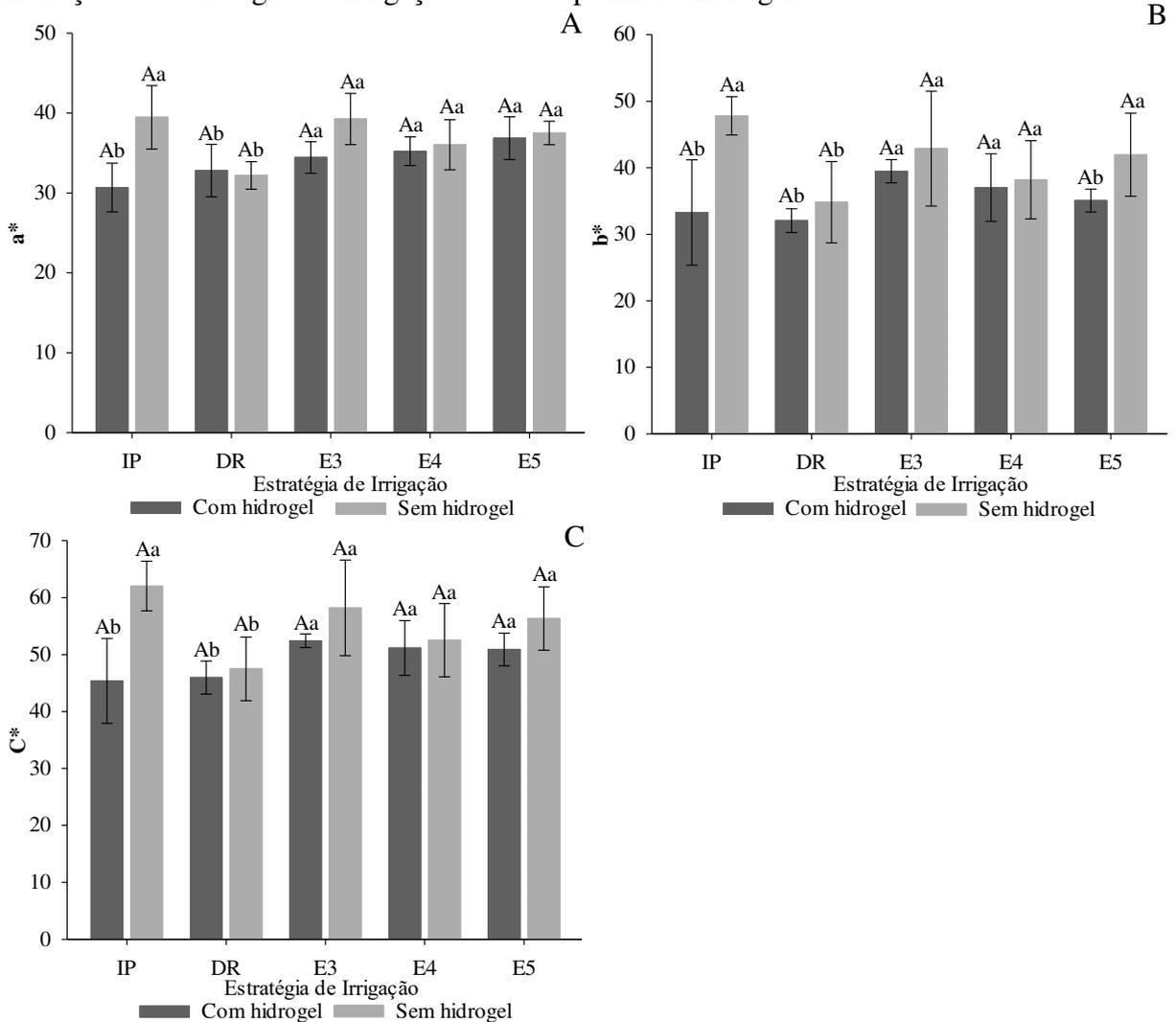
TRAT	L*	a*	b*	C*	H
IPSH	48,46±1,10 <sup>a</sup>	39,47±3,24 <sup>a</sup>	47,80±2,34 <sup>a</sup>	62,03±3,55 <sup>a</sup>	50,49±1,72 <sup>a</sup>
DRSH	43,33±2,24 <sup>a</sup>	32,19±1,40 <sup>ab</sup>	34,82±4,99 <sup>ab</sup>	47,50±4,55 <sup>ab</sup>	46,98±2,91 <sup>a</sup>
E3SH	45,10±2,72 <sup>a</sup>	39,27±2,61 <sup>a</sup>	42,88±7,044 <sup>ab</sup>	58,20±6,85 <sup>ab</sup>	47,18±3,02 <sup>a</sup>
E4SH	43,85±1,90 <sup>a</sup>	36,03±2,56 <sup>ab</sup>	38,19±4,79 <sup>ab</sup>	52,53±5,25 <sup>ab</sup>	46,50±1,71 <sup>a</sup>
E5SH	48,06±2,94 <sup>a</sup>	37,51±1,19 <sup>ab</sup>	41,95±5,09 <sup>ab</sup>	56,33±4,54 <sup>ab</sup>	47,98±2,27 <sup>a</sup>
IPCH	41,56±4,04 <sup>a</sup>	30,68±2,49 <sup>b</sup>	33,27±6,47 <sup>ab</sup>	45,40±6,08 <sup>b</sup>	46,79±4,39 <sup>a</sup>
DRCH	40,65±1,21 <sup>a</sup>	32,93±1,90 <sup>ab</sup>	32,06±1,45 <sup>b</sup>	45,97±2,36 <sup>b</sup>	44,24±0,44 <sup>a</sup>
E3CH	43,77±0,84 <sup>a</sup>	34,45±1,61 <sup>ab</sup>	39,48±1,42 <sup>ab</sup>	52,43±0,98 <sup>ab</sup>	48,89±2,08 <sup>a</sup>
E4CH	44,11±2,68 <sup>a</sup>	35,23±1,46 <sup>ab</sup>	37,03±4,14 <sup>ab</sup>	51,16±3,92 <sup>ab</sup>	46,26±2,13 <sup>a</sup>
E5CH	42,69±1,33 <sup>a</sup>	36,86±2,18 <sup>ab</sup>	35,07±1,40 <sup>ab</sup>	50,9±2,33 <sup>ab</sup>	43,60±1,29 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborado pela autora. IP - Irrigação plena, DR - déficit hídrico regular, E3 - irrigação com déficit hídrico na fase vegetativa, E4 - irrigação com déficit hídrico na fase de floração e frutificação, E5 - irrigação com déficit hídrico na fase de maturação e colheita, SH - sem hidrogel, CH - com hidrogel, TRAT – tratamentos. Médias seguidas com as letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey (p < 0,05).

Na figura 36, é possível observar para as coordenadas a\*, b\* e C\*, que no geral os tratamentos com uso do polímero hidrogel apontaram diferença estatística exibindo as menores médias, sobretudo na estratégia IP na coordenada a\*, estratégia IP e E5 na coordenada b\* e, na

estratégia IP na coordenada C\*. Para as três coordenadas, a estratégia com a pior resposta, independente do uso do hidrogel foi o DR.

**Figura 36.** Médias e desvios-padrão obtidos para os parâmetros de cor, verde ao vermelho (a\*) (A), azul ao amarelo (b\*) (B), e cromaticidade (C\*) (C), do tomate cereja pêra vermelho, sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente.

Há estudos que apontam o déficit de irrigação implicar na redução do ângulo de matiz, permitindo melhorar os atributos sensoriais do fruto (WANG *et al.*, 2011). As respostas obtidas indicam melhora dos parâmetros de cor dos frutos cultivados sem hidrogel, possivelmente devido à menor quantidade de água que o fruto recebeu.

A estratégia DR apontou as menores médias para a variável cromaticidade ( $C^*$ ), revelando que, déficits aplicados em todo o ciclo de crescimento da cultura afeta de sobremaneira características de cor. Quanto maior o croma, mais intensa é a cor, sendo esta variável considerada toda a gama de cores que representa o universo (MINOLTA CORP, 2007).

Na Tabela 14 estão dispostos os valores obtidos para o potencial hidrogeniônico (pH) e acidez total titulável (ATT), sendo possível aferir indiferença estatística para os tratamentos aplicados.

**Tabela 14.** Análise estatística das variáveis, acidez total titulável (ATT) e potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos aos 60 DAT.

TRAT	pH	ATT
IPSH	4,1±0,05 <sup>a</sup>	0,56±0,03 <sup>a</sup>
DRSH	4,22±0,08 <sup>a</sup>	0,58±0,03 <sup>a</sup>
E3SH	4,16±0,01 <sup>a</sup>	0,57±0,03 <sup>a</sup>
E4SH	4,17±0,05 <sup>a</sup>	0,57±0,03 <sup>a</sup>
E5SH	4,25±0,07 <sup>a</sup>	0,57±0,03 <sup>a</sup>
IPCH	4,28±0,07 <sup>a</sup>	0,56±0,018 <sup>a</sup>
DRCH	4,14±0,04 <sup>a</sup>	0,61±0,03 <sup>a</sup>
E3CH	4,13±0,04 <sup>a</sup>	0,51±0,04 <sup>a</sup>
E4CH	4,30±0,03 <sup>a</sup>	0,55±0,01 <sup>a</sup>
E5CH	4,19±0,07 <sup>a</sup>	0,64±0,08 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborado pela autora. IP - Irrigação plena (controle), DR - irrigação com déficit hídrico regular, E3 - irrigação com déficit hídrico na fase vegetativa, E4 - irrigação com déficit hídrico na fase de floração e frutificação, E5 - irrigação com déficit hídrico na fase de maturação e colheita, SH - sem hidrogel, CH - com hidrogel. Médias seguidas com as letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os valores de pH determinados neste trabalho encontram-se coerentes com o padrão exigido, assumindo valor médio igual a 4,20. Isso indica a eficiência dos tratamentos, resposta que corrobora com a afirmação de Roque *et al.* (2022), no qual explica que o pH dos frutos de tomate para consumo, deve variar entre 3,7 e 4,5, a fim de garantir sabor ácido característico do fruto, além de prevenir proliferação de microrganismos e aumentar sua vida útil.

Devido à aceleração do amadurecimento do fruto, procede-se a redução do processo respiratório, com conseqüente aumento do pH e diminuição da acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Medeiros *et al.* (2012), analisando o impacto da lâmina de irrigação na

cultura do melão, observaram elevação do pH dos frutos com o aumento da lâmina de irrigação, exercendo um agente diluidor nos componentes dos frutos.

Semelhantemente, Azeredo *et al.* (2012), ao trabalhar com tomates pós-colheita, observaram valores de pH entre 4,0 e 4,5. Do mesmo modo, Vieira *et al.* (2014), ao avaliar tomates tipo grape, evidenciaram pH entre 4,46 e 4,48, enquanto Costa *et al.* (2006), ao estudar a produção de linhagens de tomate cereja, observaram que o valor ideal para os frutos de qualidade deve situar-se em pH inferior a 4,5.

Diferente do presente estudo, Santiago *et al.* (2018), também avaliando a qualidade do tomate cereja cultivado em ambiente protegido e aberto, sob lâminas de irrigação evidenciaram que apenas a acidez titulável foi influenciada significativamente unicamente pela lâmina de irrigação. A ATT no tomate refere-se à quantidade de ácidos orgânicos presentes e à adstringência, exercendo um dos principais aspectos de influência no sabor dos frutos (NASCIMENTO *et al.*, 2013). O teor médio de ATT no presente estudo foi similar ao do intervalo entre 0,20% e 0,49% e também ao valor de 0,64% encontrados em demais estudos para o melão (DANTAS *et al.*, 2021; MAZUR *et al.*, 2012; AGUIRRE; CABRERA, 2012).

Para a variável sólidos solúveis totais (SST) (Tabela 15), comparando-se os resultados aos 60 e 90 DAT, verifica-se que, a estratégia de irrigação influenciou estatisticamente a 1% de significância na resposta ao acúmulo de SST no fruto, não havendo interferência do uso do hidrogel. Apenas aos 60 DAT evidenciou-se interação dos fatores de estratégia e hidrogel ao nível de 1% de significância. Pesquisas indicam que o valor °Brix dos frutos de tomate variam em torno de 4,7 a 8,6, (COYAGO-CRUZ *et al.*, 2018), confirmando a amplitude dos valores obtidos no presente estudo.

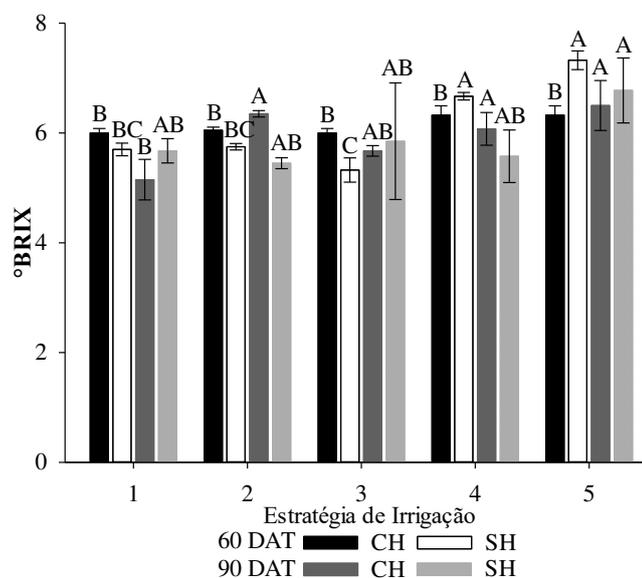
**Tabela 15.** Resumo das análises de variância (F calculado) dos sólidos solúveis totais (SST), aos 60 e 90 DAT do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.

Parâmetro Avaliação	DAT	Fonte de Variação				CV (%)	Média geral
		Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)	E x H		
SST	60	1,84 <sup>ns</sup>	132,84 <sup>**</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	60,26 <sup>**</sup>	1,96	6,15
	90	0,19 <sup>ns</sup>	5,09 <sup>**</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>	9,52	5,91

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; CV - coeficiente de variação.

Os valores obtidos para o cultivo sem hidrogel exibiram uma variação do SST mais expressiva de 5,33 (estratégia E3) a 7,33 (estratégia E5), diferindo significativamente (Figura 37). Já no tratamento CH, observou-se maior variação do SST de 5,15 (estratégia IP) a 6,50 (estratégia E5). Possivelmente, o corte de irrigação no estágio de maturação e colheita (E5) favoreça maior concentração dos sólidos solúveis no fruto. Em concordância, Soares *et al.* (2013), discorre que em estudo, observaram que o incremento na disponibilidade hídrica aplicado ao tomateiro resultou em uma redução linear no conteúdo de SST, principalmente quando a aplicação do estresse ocorreu na fase vegetativa.

**Figura 37.** Médias e desvios-padrão obtidos para o °Brix dos frutos de tomate cereja pêra vermelho aos 60 DAT (1ª avaliação) e 90 DAT (2ª avaliação), sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras iguais, não diferem entre si significativamente.

Também pode-se inferir que quando o déficit de irrigação é aplicado nas etapas finais de desenvolvimento do fruto (etapa de floração/ frutificação e etapa de maturação/ colheita) pode-se observar um aumento mais expressivo do °Brix. Tal resposta se deve ao efeito da diluição de açúcares, ocasionado pelo aumento da disponibilidade hídrica, inferência plausível, que permite o produtor restringir a irrigação no final do ciclo de cultivo, a fim de aumentar o °Brix do fruto (SOARES *et al.*, 2013).

Segundo Mencarelli e Salveit Júnior (1988), frutos apresentando alto índice de qualidade apresentam SST acima de 3 °Brix. Em sequência, Morgan (1997), recomenda valores superiores a 5 °Brix. Yang *et al.* (2017), estudando a qualidade dos frutos do tomate ao manejo

da água e do nitrogênio ressaltam a irrigação deficitária ter elevado o teor de SST. Resultados semelhantes também foram observados por Albert *et al.* (2016), em pesquisa sobre a resposta da qualidade do tomate, submetido a déficit hídrico.

Albert *et al.* (2016), obtiveram resultados semelhantes ao evidenciar que a prática da irrigação deficitária no tomateiro elevou a concentração dos SST. Segundo Patanè; Tringali e Sortino (2011), a adoção da irrigação deficitária quando aplicado redução de 50% na ETc na fase de crescimento, aumentou a economia de água e manteve-se a alta qualidade do fruto.

Santos (2019) ressalta que há indústrias que premiam sistemas de produção, quando estas, de acordo com Giordano e Silva (2000), alcançam teores de SST entre 4,8 e 5,21 °Brix, sendo aplicado cerca de 5% de acréscimo ao produtor, e 10% quando acima de 5,21 °Brix. Assim, as médias encontradas neste trabalho acarretam ganho no preço do fruto em 5% apenas para a estratégia IP'SH, visto os demais tratamentos ultrapassarem °Brix de 5,21, chegando a concentração de até 7,32 no tratamento E5'SH aos 60 DAT.

## 4.7 Parâmetros fisiológicos da cultura

### 4.7.1 Trocas gasosas

Para as variáveis de trocas gasosas, a fotossíntese líquida (A) e a concentração de gás carbônico (Gs), não evidenciaram resposta significativa ao uso do hidrogel em nenhum dos períodos avaliados (30, 60 e 90 DAT), conforme observado na Tabela 16. Para as variáveis, taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs) e temperatura da folha (Tleaf) apenas o fator estratégia de irrigação foi significativo, apontando diferença estatística aos 30, 60 e 90 DAT para a variável E ao nível de 1%, aos 90 DAT para Gs ao nível de 5% e, aos 90 DAT para Tleaf ao nível de 5% de significância.

**Tabela 16.** Resumo das análises de variância (F calculado) para as variáveis fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração de gás carbônico (Ci) e temperatura foliar (Tleaf), do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.

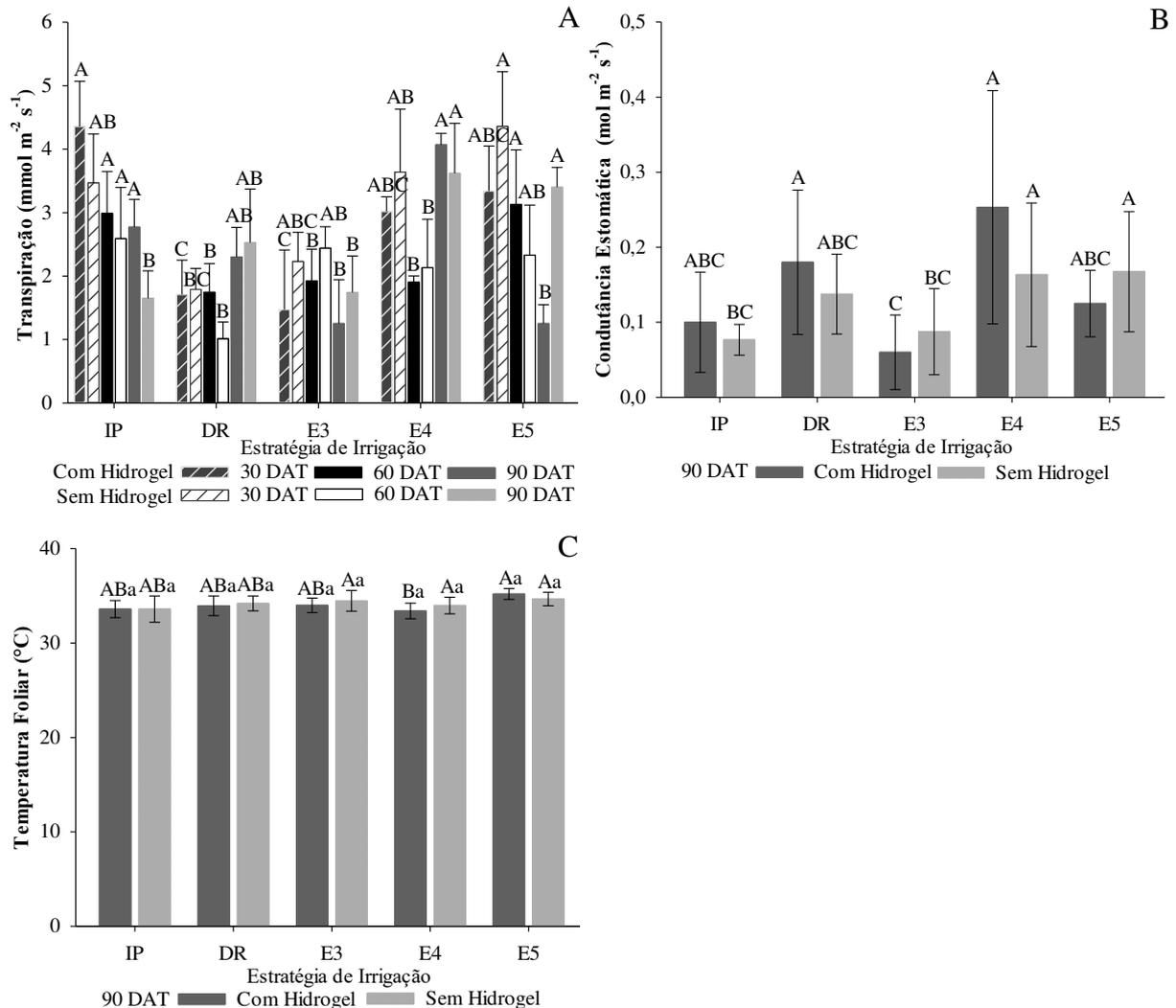
Parâmetro Avaliação	DAT	Fonte de Variação			CV (%)	Média geral
		Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)		

<b>A</b>	30	0,57 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	69,88	10,13
	60	1,05 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	56,93	6,14
	90	1,47 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	53,76	5,46
<b>E</b>	30	0,68 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>**</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	38,87	2,94
	60	0,06 <sup>ns</sup>	5,50 <sup>**</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	35,44	2,44
	90	5,35 <sup>*</sup>	6,49 <sup>**</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	24,45	2,44
<b>Gs</b>	30	1,68 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	191,24	0,68
	60	0,63 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	139,33	0,30
	90	2,60 <sup>ns</sup>	10,58 <sup>**</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>	35,03	0,14
<b>Ci</b>	30	2,15 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	14,90	354,75
	60	0,97 <sup>ns</sup>	3,26 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	10,80	324,85
	90	0,46 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	31,80	354,42
<b>Tleaf</b>	30	12,56 <sup>**</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	4,29 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	2,56	29,52
	60	5,59 <sup>ns</sup>	2,15 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	3,23	33,57
	90	6,91 <sup>**</sup>	3,66 <sup>*</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	2,31	34,11

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; DAT - dias após transplantio; CV - coeficiente de variação.

As médias para a taxa de transpiração exibiram comportamentos distintos dependendo da fase de crescimento e estratégia de irrigação aplicada (Figura 38 A). Aos 30 DAT as maiores taxas foram evidenciadas no tratamento IP'CH e E5'SH, e os menores nas estratégias DR e E3, submetidos a déficit hídrico. Aos 60 DAT, a estratégia IP'CH, IP'SH e E5'CH, apresentaram as maiores taxas de transpiração, sendo as menores em plantas sob estratégias de déficit DR e E4, seguido da E3, no qual apesar de reestabelecido a lâmina de 100% da ETc, ainda exibe baixa transpiração. Aos 90 DAT, a estratégia IP'CH, E4'CH, E4'SH e E5'SH apresentaram as maiores taxas de transpiração.

**Figura 38.** Médias e desvios-padrão obtidos para a taxa de transpiração (E), condutância estomática (GS) e temperatura foliar (Tleaf) do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.



Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente.

Segundo Silva *et al.* (2015), menores aberturas estomáticas implicam em menores taxas de transpiração, elevando a temperatura da folha. Lu e Zhang (1999) também citaram que o estresse hídrico resulta na diminuição da transpiração das folhas, visto redução na condutância estomática, acarretando na elevação da temperatura foliar. Conforme Oliveira; Fernandes e Rodrigues (2005) a variação da inclinação das folhas aos raios solares é também um importante mecanismo vegetal de defesa em condição de estresse hídrico, resultando em redução da temperatura das folhas e consequentemente na transpiração dos estômatos.

Em relação à condutância estomática ( $G_s$ ), foi possível notar nas plantas do tomateiro maiores valores deste parâmetro aos 30 DAT (Tabela 16), onde estima-se uma maior lâmina de água, devido maior  $K_c$  exigido pela cultura na fase vegetativa e menor biomassa da parte aérea, elevando maior quantidade de água disponível para transpiração e condutância

estomática. No decorrer das fases de crescimento da cultura, houve redução do Gs, exibindo aos 90 DAT (Figura 38 B) as menores médias, sobretudo nos tratamentos contendo plantas mais desenvolvidas, sendo estas a estratégia E3, seguido da estratégia IP.

Segundo Paiva *et al.* (2005), a redução da GS deve-se ao decréscimo de água disponível no solo, provocando declínio no potencial hídrico foliar. Taylor *et al.* (2000), também relatam que essa redução se deve a indução do fechamento dos estômatos nas folhas após sinalização propiciada pelo ácido abscísico gerado na raiz da planta. Conforme SILVA *et al.* (1998), em condição de baixa umidade do solo, ocorre regulação de redução na abertura estomática das plantas pela manhã, visto nessa condição, a abertura estomática não estar relacionado a energia incidente, mas da disponibilidade hídrica da planta.

Analisando a Tleaf das folhas do tomateiro, foi possível identificar que a estratégia de irrigação E5, exibiu o maior pico de temperatura, com médias aproximadas de 34,68 °C no tratamento SH e 35,20 °C no tratamento CH, sem evidência de diferença significativa ao uso do hidrogel. Morales *et al.* (2015), também observaram aumento da temperatura foliar em plantas submetidas a menores lâminas de irrigação, ocasionando menor transpiração, principal mecanismo de arrefecimento das plantas.

Quando comparado a temperatura do ar no horário da avaliação, a Tleaf na estratégia E5'CH expressou em média 3 °C inferior à temperatura média no interior da estufa (38,2 °C). A Tleaf pode ser utilizada como indicativo de déficit (SILVA *et al.*, 2015) e utilizada para estimar o estresse hídrico das plantas (TILLING *et al.*, 2007; WINTERHALTER *et al.*, 2011). Apesar de somente as estratégias DR e E5 estarem nessa avaliação submetidas a déficit hídrico, nota-se expressivamente temperaturas elevadas em outros tratamentos (E3'SH e E4'SH) devendo-se possivelmente à condição de estresse, visto completado 24h após a última irrigação.

#### **4.7.2 Potencial hídrico foliar em condições de elevada demanda atmosférica**

O resumo da análise de variância para as características potencial hídrico foliar ( $\Psi_{wf}$ ), está apresentado na tabela 17. Não foi verificada resposta significativa dos tratamentos e nem interação destes aos 30 DAT. Aos 60 DAT observou-se influência da estratégia de irrigação e interação dos tratamentos ao nível de 1% de probabilidade. Aos 90 DAT foi constatado resposta significativa para o uso do hidrogel ao nível de 5% de probabilidade, à estratégia de irrigação e interação dos tratamentos estudados ao nível de 1%.

**Tabela 17.** Resumo das análises de variância (F calculado) para o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) na cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.

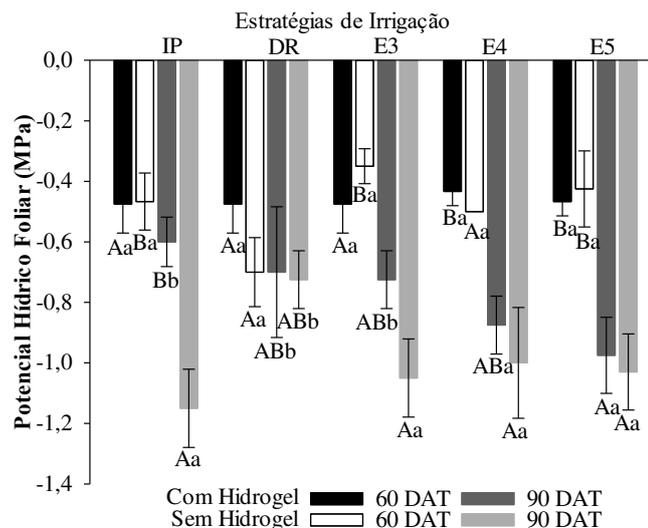
Parâmetro Avaliação	DAT	Fonte de Variação				CV (%)	Média geral
		Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)	E x H		
$\Psi_{wf}$	30	1,48 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	39,34	0,136
	60	3,41 <sup>ns</sup>	7,99 <sup>**</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	7,51 <sup>**</sup>	14,15	0,475
	90	0,30 <sup>ns</sup>	3,75 <sup>*</sup>	12,55 <sup>**</sup>	3,59 <sup>*</sup>	20,40	0,875

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; DAT - dias após transplantio; CV - coeficiente de variação.

Nota-se que houve redução das médias do  $\Psi_{wf}$  no decorrer do crescimento do tomateiro. Isso acontece devido declínio do potencial osmótico, em decorrência da elevação concentração de solutos na folha da planta (ANDRADE, 2011). Ademais, Andrade (2011) ressalta que, déficits hídricos aplicados em plantas conduzidas em vasos e em ambiente protegido exibem redução do  $\Psi_{wf}$ , visto consoante Kramer e Boyer (1995) ocorrer restrição de crescimento do sistema radicular devido à limitação do volume de solo, limitando consequentemente a quantidade hídrica disponível. Pimentel *et al.* (1999), cita que a redução do  $\Psi_{wf}$  se manifesta mais rapidamente em plantas cultivadas em vasos do que em campo.

Na Figura 39, verifica-se que aos 60 DAT a estratégia DR apontou a menor média para o  $\Psi_{wf}$  (-0,7 MPa no tratamento sem hidrogel e -0,475 MPa no tratamento com hidrogel). Resposta esperada, visto segundo Bergonci *et al.* (1997), a planta apresentar dificuldade em repor a água perdida, por motivo da baixa disponibilidade hídrica no solo. A estratégias E5 já exhibe a maior média para o  $\Psi_{wf}$  (-0,425 MPa no tratamento SH e -0,467 MPa no tratamento CH).

**Figura 39.** Médias e desvios-padrão obtidos para a o potencial hídrico foliar das plantas de tomate cereja pêra vermelho aos 60 e 90 DAT, sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P <0,05) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P <0,05) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente.

Como mencionado anteriormente, houve aumento do  $\Psi_{wf}$  ao decorrer do experimento, exibindo aos 90 DAT, as maiores médias da variável. Nesse período é possível observar que as menores respostas de  $\Psi_{wf}$  foram sobretudo nos tratamentos sem hidrogel, com exceção da estratégia E5 que não exibiu diferença estatística para o tratamento com e sem hidrogel, exibindo o menor  $\Psi_{wf}$ . Esse comportamento da E5 é interessante, visto dos 60 aos 90 DAT ela passar do menor para o menor potencial, após submetida a déficit hídrico. Em contrapartida, o tratamento IP'CH, apontou a maior média para o  $\Psi_{wf}$ , com diferença estatística para estratégia de irrigação e hidrogel.

Bergonci *et al.* (1997), explica que a redução do  $\Psi_{wf}$ , aponta condições limitantes de disponibilidade hídrica para as plantas, visto os resultados do presente estudo indicar valores de  $\Psi_{wf}$  menores que -0,15 MPa. É possível destacar que, essa redução do  $\Psi_{wf}$  também está sendo influenciado pela suspensão da irrigação há 24h, quando realizado o teste com a bomba de Scholander. Essa resposta pode ser relatada por Bianchi (2004) onde, essa redução do  $\Psi_{wf}$  ocorre devido a um déficit hídrico de curto tempo, resultante da elevada demanda de evaporação da atmosfera, quando a transpiração ultrapassa a capacidade da raiz de absorver água.

Campos; Santos e Nacarth (2021) explica que, as plantas podem tornarem-se adaptáveis a seca através do ajustamento osmótico, visto este ser o modo de preservação da sua turgência, mesmo sob déficit hídrico, preservando assim, o abastecimento hídrico para as folhas, levando a produção de folhas menores, sendo que estas ao atingir maturidade sofrem senescência e caem.

Ademais, Doss; Ashley e Bennet (1960), relatam que plantas com essa característica de adaptação à seca, tendem a completar todo seu ciclo de vida, ligeiramente, antes que os tecidos atinjam a deficiência hídrica. Além disso, Santos (2019) explica que, a irrigação deficitária tende a elevar os níveis de ácido abscísico nas plantas, o que segundo Dodd (2009) e Liu; Andersen e Jensen (2009) essa maior concentração na seiva, induz parcialmente o fechamento estomático, reduzindo a expansão foliar e conseqüentemente o uso da água da planta, elevando a eficiência do seu uso.

Marenco e Lopes (2005) salientam que em períodos de estresse, os mecanismos que as plantas desenvolvem para sobrevivência envolvem comumente redução da área foliar, alteração de cor, murchamento e enrolamento das folhas, produção de pequenos espinhos e pelos, redução caulinar da planta, raízes maiores e mais grossas.

#### 4.7.3 Índice SPAD

Na Tabela 18 é exibido o resumo da análise de variância para unidades SPAD, sendo possível aferir efeito das estratégias de irrigação aos 60 e 90 DAT a 1% de significância e para o fator hidrogel, significância de 1% aos 30 DAT e de 5% aos 90 DAT, sendo evidenciado interação dos tratamentos apenas aos 30 DAT a 1% de significância.

**Tabela 18.** Resumo das análises de variância (F calculado) para o índice SPAD obtidos na cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel, avaliados aos 30, 60 e 90 DAT.

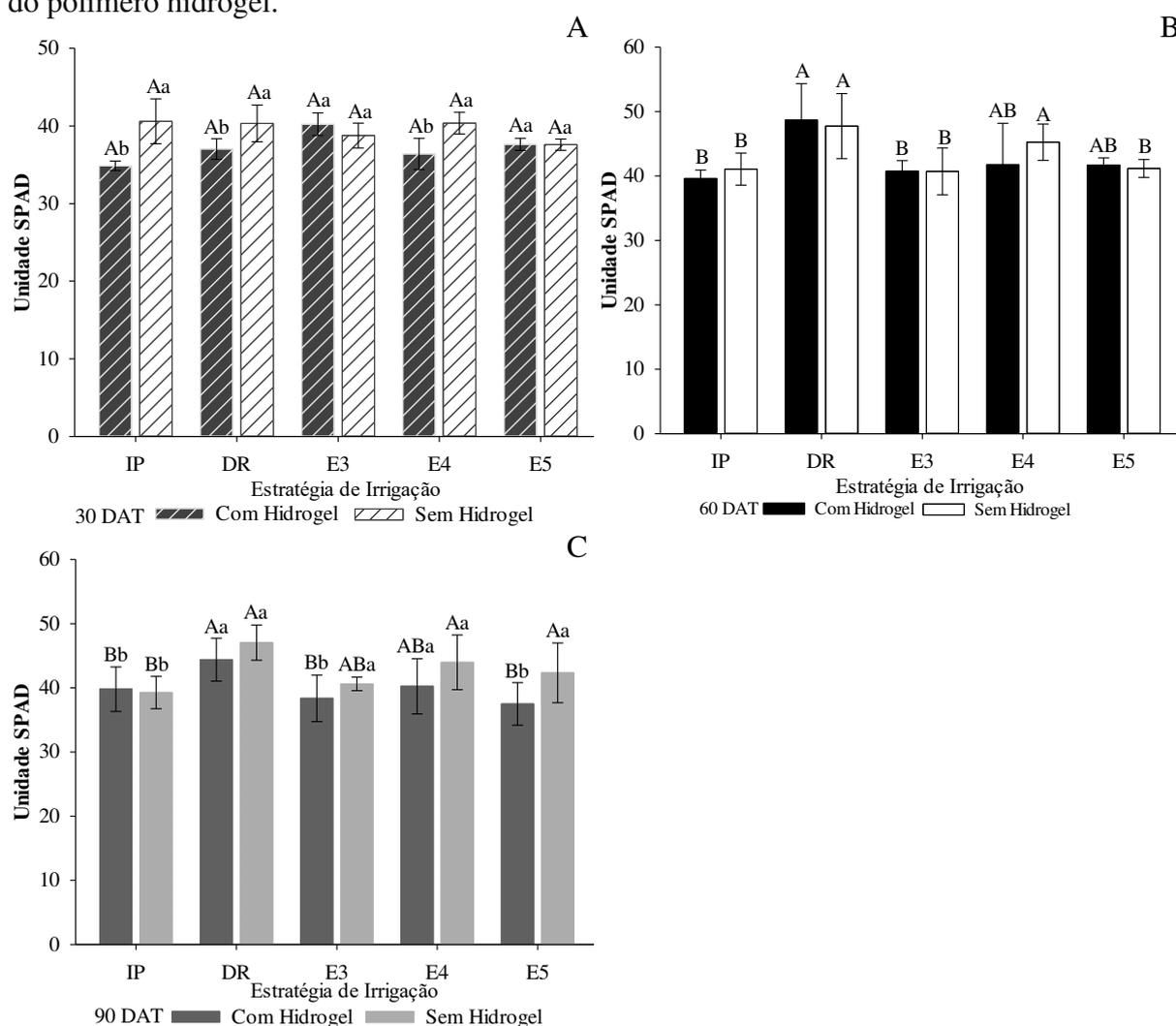
Parâmetro Avaliação	DAT	Fonte de Variação				CV (%)	Média geral
		Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)	E x H		
SPAD	30	1,36 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	16,75 <sup>**</sup>	5,57 <sup>**</sup>	4,63	38,38
	60	2,29 <sup>ns</sup>	6,53 <sup>**</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	7,99	42,59
	90	3,47 <sup>ns</sup>	6,16 <sup>**</sup>	7,26 <sup>*</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	9,64	41,36

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; DAT - dias após transplantio; CV - coeficiente de variação.

Analisando os tratamentos individualmente (Figura 40), aos 30 DAT a média máxima de unidades SPAD foram observadas em todos os tratamentos, com exceção do IP'CH e DR'CH. Aos 60 DAT já evidenciaram-se as maiores médias nos tratamentos sob déficit

hídrico, correspondendo às estratégias de irrigação DR'CH (48,68 de unidades SPAD) e DR'SH (47,75 de unidades SPAD), seguido da estratégia E4'SH. Aos 90 DAT, as maiores médias foram constatadas também em plantas submetidas a estratégia DR'SH (47,05 de unidades SPAD) e DR'CH (44,40 de unidades SPAD).

**Figura 40.** Médias e desvios-padrão obtidos para a unidade SPAD dos frutos de tomate cereja pêra vermelho aos 30 (A), 60 (B) e 90 DAT (C), sob interação das estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente.

Segundo Torres Netto *et al.* (2005), valores de unidade SPAD abaixo de 40 sugerem o ponto inicial da deficiência de clorofila, podendo prejudicar o processo fotossintético da planta. No presente trabalho, essa afirmação do autor apresenta-se mais expressiva aos 30 DAT, sobretudo nos tratamentos CH, exibindo a menor média de 34,87 para a estratégia IP.

Divergindo de Sayed; Kirkwood e Graham (1991), que estudando o efeito do hidrogel em diversas hortaliças concluíram seu uso ser bastante eficiente no aumento do teor de clorofila.

Dentre os tratamentos, verificou-se maior média de unidade SPAD em plantas submetidas a estratégia DR, diferindo significativamente aos 60 e 90 DAT da estratégia IP. Tais dados estão de acordo com Rodrigues *et al.* (2021), que em estudo sobre o índice SPAD em braquiárias sob déficit hídrico, concluíram que isso pode estar relacionado ao aumento da produção de clorofila na tentativa de resistir ao estresse hídrico.

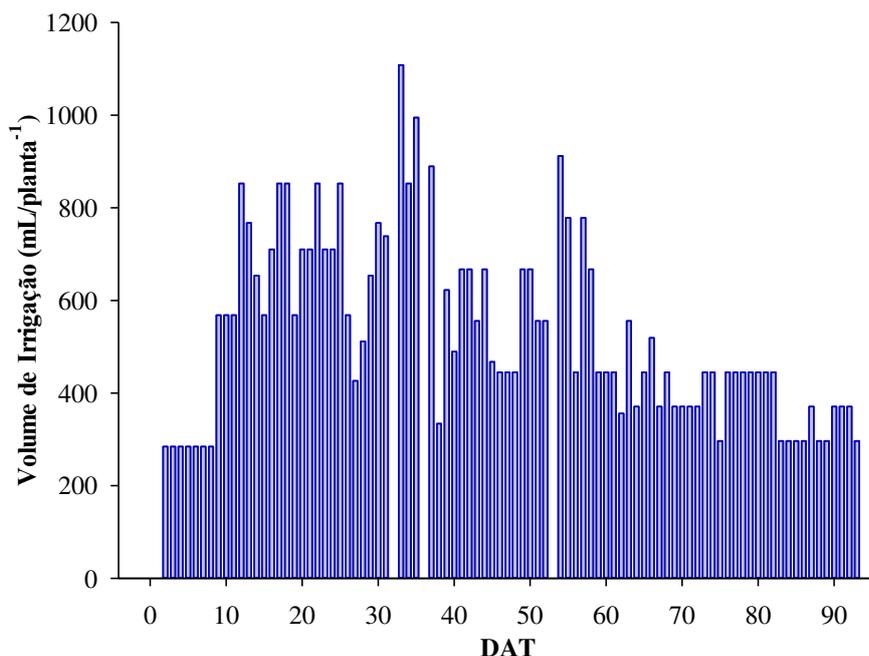
Além disso, essa diferença pode estar relacionada ao menor crescimento das plantas do tratamento DR e, portanto, maior concentração do teor de clorofila nas folhas. Exemplo dessas respostas foi constatado por Valença *et al.* (2018), que trabalhando com plantas de alface sob déficit hídrico, observaram aos 50 dias após sementeira, elevação do teor de clorofila mediante a diminuição foliar, ocasionando maior concentração de clorofila no órgão.

Semelhantemente, Santos *et al.* (2013), em pesquisa sobre gramíneas tropicais, identificaram maiores valores de unidades SPAD em nível de 25% da capacidade de campo e menores no de 100%. Magalhães *et al.* (2016), estudando os efeitos do estresse hídrico em sorgo, também observaram estresses mais elevados apontarem maiores teores de nitrogênio. Jaleel *et al.* (2008), constataram a redução no teor de clorofila de *Catharanthus Roseus*, sob condições de estresse hídrico de maior intensidade. Peloso *et al.* (2017), observou redução da concentração de clorofila nas folhas de cafeeiro, conforme elevação da limitação hídrica.

#### 4.8 Produtividade da Água

A quantidade total de água aplicada nos vasos submetidos a estratégia de irrigação IP (tratamento controle), recebendo 100% da lâmina requerida pela cultura desde o transplante das mudas de tomateiro até o final do experimento foi em torno de 47,15 L planta<sup>-1</sup>ciclo<sup>-1</sup>, totalizando 1.131,6 L de água nos 24 vasos do respectivo tratamento (6 vasos por linha contendo três repetições com hidrogel e 3 sem hidrogel, por 4 blocos). O tempo total de irrigação no ciclo completo da cultura foi de 29,47 horas, A Figura 41 exibe o volume de irrigação aplicado no experimento do tomate cereja pêra vermelho, conforme necessidade hídrica da cultura.

**Figura 41.** Volumes de irrigação diários (mL. planta<sup>-1</sup>) no ciclo do tomate cereja pêra vermelho para 100% da ETc.



Fonte: Elaborado pela autora. DAT – dias após o transplantio.

Os maiores volumes de irrigação foram observados quando as plantas foram submetidas a 48 h sob déficit hídrico em três momentos distintos do ciclo da cultura, com o propósito de verificar visualmente a resposta da planta ao estresse hídrico. Nesse sentido, constatou-se que o estado de turgescência da parte aérea é afetado sobretudo em solo sem hidrogel, com murchamento de folhas e frutos, aumento de abortos florais e queda de frutos verdes (Figura 42).

**Figura 42.** Comparação visual de plantas submetidas a estratégia de déficit hídrico na fase de florescimento (E4'CH) e frutificação (E4'SH).



Foto: Elaborado pela autora.

Desse modo, o uso do hidrogel de fato, proporciona água para a planta por maior tempo, sustentando a afirmação de Mendonça, Querido e Souza (2015) no qual, o hidrogel possibilita a liberação gradual de água de maneira que viabilize aumento no intervalo entre irrigações.

Na Tabela 19 é possível verificar o volume total de água aplicado por tratamento na condução da cultura do tomate cereja pêra vermelho.

**Tabela 19.** Volume de água aplicado por tratamento no experimento e a ETc calculada.

Tratamento	V (L) por vaso	V (L) em 24 vasos	ETc (mm)
IP	47,15	1131,60	190,8
DR	23,58	565,92	108,0
E3	38,37	920,88	155,3
E4	39,49	947,76	159,8
E5	41,60	998,40	168,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Rabelo *et al.* (2017), trabalhando com o tomate cereja vermelho em Pentecostes-CE, observou que, após diferenciação dos níveis de irrigação até o final do ciclo da cultura, o volume de água aplicado em taxa de reposição de 100% da ETc foi de 211,00 L planta<sup>-1</sup>ciclo<sup>-1</sup>, correspondendo a 422 mm ciclo<sup>-1</sup>. Resultados superiores ao do presente estudo, possivelmente devido ao presente estudo ter sido conduzido em ambiente protegido. Schwarz *et al.* (2013), apontam que essas diferenças observadas em estudos distintos se devem sobretudo, às condições climáticas do local de cultivo, podendo também serem influenciadas segundo Albuquerque Neto *et al.* (2012), pela variedade e/ou cultivar adotada na pesquisa.

Monte *et al.* (2009), em estudo com a cultura do tomate de mesa híbrido ‘Débora’, aplicaram lâmina bruta de irrigação de 338,25 mm, considerando aplicação de 100% da ETc. Semelhantemente, Macêdo e Alvarenga (2005), em pesquisa com o tomate híbrido ‘F1 Bônus’ verificaram consumo hídrico de 478 mm, considerando reposição hídrica de 100% da ETc.

A análise de variância para a produtividade da água (PA) na cultura do tomate cereja pêra vermelho encontra-se resumida na Tabela 20, sendo possível constatar diferença a 1% de significância tanto para o fator estratégia de irrigação, quanto para interação dos tratamentos.

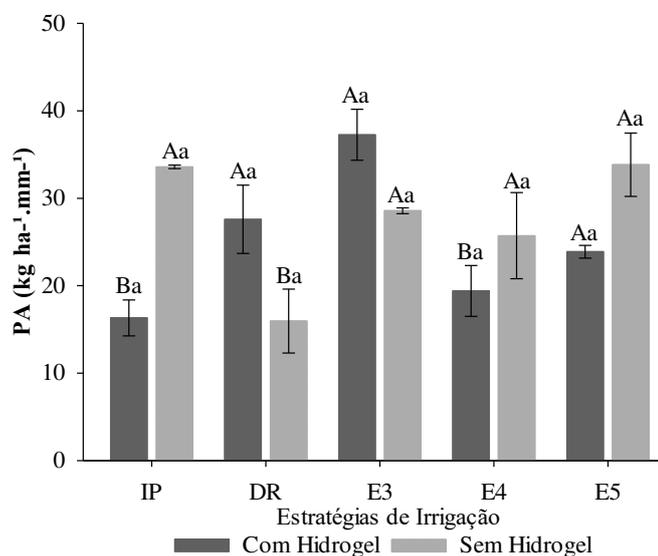
**Tabela 20.** Resumo das análises de variância (F calculado) da PA na produtividade de frutos do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso do hidrogel.

Parâmetro Avaliação	Fonte de Variação			CV (%)	Média geral	
	Bloco	Estratégia (E)	Hidrogel (H)			
PA	1,05 <sup>ns</sup>	14,24 <sup>**</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	14,27 <sup>**</sup>	15,11	26,07

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: ns - não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F\*; CV - coeficiente de variação.

Neste estudo, a melhor resposta observada para a variável PA, foi diante da aplicação da estratégia E3 e E5 independente da presença do hidrogel (Figura 43). Desse modo, constata-se que, a restrição hídrica aplicada no estágio vegetativo quando conciliada ao uso do polímero hidrogel, foi capaz de elevar a PA até 56,54% a mais do que o tratamento IP'CH, fator constatado nas respostas de umidade do solo, onde houve aumento deste com uso do hidrogel.

**Figura 43.** Médias e desvios-padrão obtidos para a PA na produção de frutos do tomate cereja pêra vermelho, submetido a distintas estratégias de irrigação e uso do polímero hidrogel.



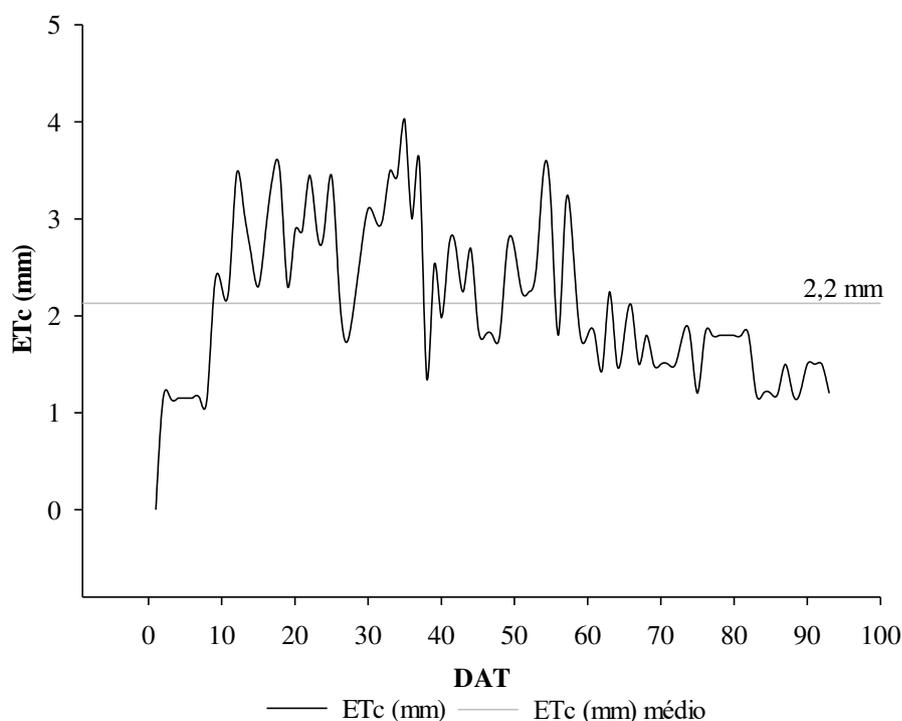
Fonte: Elaborado pela autora. Letras maiúsculas (A, B,...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para o hidrogel. Letras iguais, não diferem entre si significativamente. Comparar letras maiúsculas e minúsculas referentes ao mesmo período de avaliação.

Tanto o déficit hídrico aplicado em todas as fases de crescimento do tomateiro (DR'SH) quanto na fase mais sensível ao déficit (E4'CH) evidenciaram as piores respostas para a variável PA. O mesmo foi observado no tratamento IP'CH, apesar de não ter se submetido a

restrição hídrica. Sendo, portanto, atribuído tal resposta ao uso do polímero hidrogel, no qual pode ter possibilitado umidade do solo superior a demanda da cultura, prejudicando conseqüentemente a produtividade da mesma. Segundo Santana; Vieira e Barreto (2009) a elevação na disponibilidade hídrica no solo tende a resultar em decréscimos na PA.

A Figura 44 mostra os valores diários da evapotranspiração da cultura localizada (ETc loc) ao longo do ciclo de cultivo do tomate cereja com base nos dados coletados no tanque “Classe A”.

**Figura 44.** Evapotranspiração da cultura localizada (ETc loc) durante os 93 dias após o transplante (DAT) da cultura do tomate cereja pêra vermelho, em função das estratégias de irrigação e uso de hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora.

A evapotranspiração diária do tomate cereja pêra vermelho variou de 1,2 a 4,0 mm dia<sup>-1</sup> durante o ciclo fenológico, exibindo pico máximo no início da floração, com posterior redução até o final do ciclo, fato este decorrente deste ser o estágio de desenvolvimento da cultura em que a planta requer o máximo consumo hídrico, conforme Filgueira, (2008). De início manifestaram-se valores mais baixos visto a cultura estar submetida a menores faixas de temperatura do que o restante do ciclo da mesma.

Silva (2017) em estudo com tomate cereja observou intervalo de  $ET_c$  em torno de 0,73 a 6,00 mm dia<sup>-1</sup>. Essa diferença, além de atribuída ao período de cultivo, deve-se também ao local de condução do estudo, sobretudo, quando conduzida ou não em ambiente protegido.

#### 4.9 Coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico ( $K_y$ )

Os valores correspondentes ao déficit de produtividade ( $1 - Y_r/Y_m$ ), déficit de evapotranspiração ( $1 - E_{Tr}/E_{Tm}$ ) e os coeficientes de sensibilidade  $K_y$  médios calculados para os tratamentos DR, E3, E4 e E5, tanto para os tratamentos com e sem uso do hidrogel estão apresentados na Tabela 21. O tratamento IP (controle) foi utilizado como comparativo no cálculo para determinação do  $K_y$  nos demais tratamentos.

**Tabela 21.** Valores médios da composição dos coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico no cultivo do tomate cereja sob distintas estratégias de irrigação e uso do hidrogel.

ESTRAT.	CH			SH		
	1-( $Y_r/Y_m$ )	1-( $E_{Tr}/E_{Tm}$ )	$K_y$	1-( $Y_r/Y_m$ )	1-( $E_{Tr}/E_{Tm}$ )	$K_y$
IP	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
DR	0,27	0,43	0,63	0,73	0,43	1,69
E3	-0,32	0,19	-1,73	0,11	0,19	0,59
E4	0,25	0,16	1,51	0,29	0,16	1,80
E5	0,02	0,12	0,18	0,18	0,12	1,56

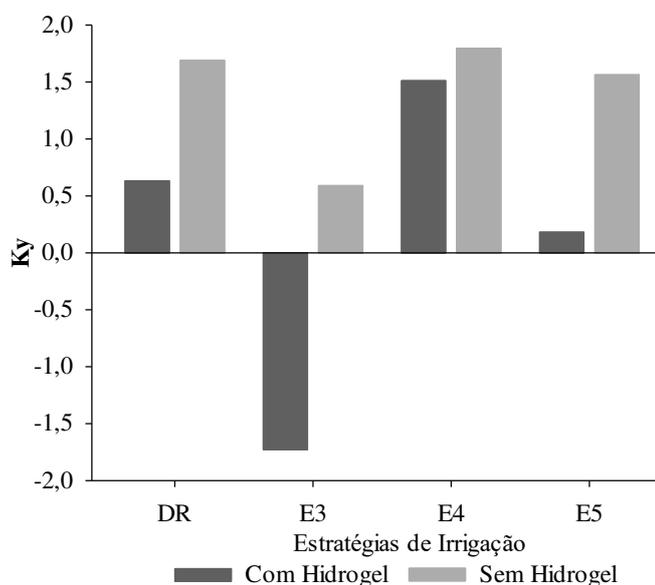
Fonte: Autora.  $Y_r$ : rendimento real;  $Y_m$ : rendimento máximo; ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ): razão entre a evapotranspiração real e máxima; [ $1 - (Y_r/Y_m)$ ]: déficits de produtividade; [ $1 - (E_{Tr}/E_{Tm})$ ]: déficits de evapotranspiração.

O coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico ( $K_y$ ) é utilizado com o objetivo de apontar o estado de sensibilidade das plantas ao déficit hídrico em distintos estágios de seu desenvolvimento (AZEVEDO *et al.*, 2016) ou no ciclo completo (SOUSA, 2020).

No presente trabalho é possível constatar que os maiores valores de  $K_y$  obtidos foram para os tratamentos que sofreram déficit hídrico sobretudo na fase de florescimento e frutificação (E4), com leve redução no tratamento com presença do hidrogel, o que ocasiona maior sensibilidade e por conseguinte redução no rendimento, visto este ser o estágio de maior

sensibilidade ao déficit hídrico. Esses resultados podem ser melhor observados na Figura 45, onde exibe o comportamento dos  $K_y$  nas distintas estratégias e uso do polímero hidrogel.

**Figura 45.** Valores médios de  $K_y$  obtidos no cultivo do tomate cereja pêra vermelho submetidas a aplicação de 50% da  $ET_c$  em distintas fases fenológicas com uso do hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora.

De modo geral, o  $K_y$  nas plantas conduzidas em vasos contendo hidrogel exibiram menor sensibilidade ao déficit hídrico, sobretudo no tratamento E3, onde observou-se um comportamento negativo (-1,73). Segundo o Boletim 66 da FAO (STEDUTO *et al.*, 2012), a categorização das culturas quanto a sensibilidade ao déficit hídrico pode ser: pouco sensível ( $K_y < 1$ ), muito sensível ( $K_y > 1$ ) e proporcionalmente sensível ( $K_y = 1$ ).

Desse modo, os valores de  $K_y$  obtidos para as cultivares, apontou alto status de muito sensível nas estratégias E4 com hidrogel e DR, E4, E5 sem hidrogel. Para o status pouco sensível apenas a estratégia E3 com uso do hidrogel apontou resposta negativa, constatando-se benefícios do déficit hídrico ser aplicado na fase de crescimento vegetativo do tomateiro quando aliado ao uso do hidrogel, onde este exibiu atribuição do seu potencial uso na retenção hídrica do solo e liberação gradual desta para a planta.

Os demais tratamentos (DR, E5 com uso do hidrogel e E3 sem uso do hidrogel) segundo o Boletim FAO 33 (DOORENBOS; KASSAM, 1979), apresentam-se classificados como sensibilidade baixa, visto os autores elucidarem classificação como sensibilidade baixa ( $K_y < 0,85$ ), sensibilidade intermediário - baixa ( $0,85 < K_y < 1,00$ ), sensibilidade intermediário-alto ( $1,00 < K_y < 1,15$ ) e sensibilidade alta ( $K_y > 1,15$ ). Patanè *et al.* (2010), trabalhando na

região semiárida do mediterrâneo com a cultura do tomate, calculou um valor de  $K_y$  de 0,76 para rendimento comercializável dos frutos, adotando o déficit hídrico no ciclo completo com base em 50% da  $ET_{cloc}$ .

Do mesmo modo, Sousa (2020) em pesquisa com tomate cereja vermelho e laranja na região semiárida do nordeste brasileiro obteve  $K_y = 0,56$  com melhor rendimento da cultura. Gatta *et al.* (2007), também encontrou o valor de  $K_y = 0,55$  para a cultura do tomate. Irmak (2015) relata que, valores de  $K_y$  podem variar dependendo da cultura e, para a mesma cultura, diferenças podem advir com estágio de crescimento e condições hídricas no solo e climáticas.

## **5 CONCLUSÃO**

As estratégias de irrigação plena, déficit hídrico controlado na fase vegetativa e déficit hídrico controlado na maturação e colheita propiciaram maior ganho de produção de frutos do tomateiro, sendo a última estratégia determinante nas melhores características de qualidade do fruto.

A irrigação plena proporcionou o melhor desempenho referentes aos parâmetros de crescimento da planta.

O déficit hídrico aplicado na fase vegetativa e na de maturação e colheita conferiu maior eficiência na produtividade da água na cultura do tomate cereja.

As estratégias de déficit hídrico regular sem uso do hidrogel e de déficit hídrico controlado na fase de florescimento e frutificação com e sem hidrogel não devem ser indicadas ao cultivo do tomate cereja, visto a cultura apresentar maior sensibilidade ao déficit hídrico.

O uso do hidroretentor é indicado apenas em combinação com déficit hídrico regular de 50% da ETc, visto conferir eficiência na produtividade da água e redução do coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

## REFERÊNCIAS

- ABDALA L. **Manejos de irrigação associados a doses de hidrogel na produção do tomateiro de mesa.** 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, 2019.
- ABEDINZADEH, M.; ETESAMI, H.; ALIKHANI, H. A. S. Combined use of municipal solid waste biochar and bacterial biosorbent synergistically decreases Cd (II) and Pb (II) concentration in edible tissue of forage maize irrigated with heavy metal-spiked water. **Heliyon**, Irã, v. 6, n. 8, p. e04688, 2020.
- ABH - **Associação Brasileira de Horticultura. Tomate Cereja** – Sabor e Rentabilidade no mesmo produto. 2012. Disponível em: <http://abhorticultura.com.br/News/Default.asp?id=4864> Acessado em: 12 de março de 2022.
- ABRAÃO, P. C.; JÚNIOR, J. B. D.; GUIMARÃES, V. F.; JÚNIOR, A. C. G.; COSTA, A. C. T. D. .; TSUTSUMI, C. Y.; ROSA, W. B.; QUEIROZ, S. B. Influência de Hidrogel em Caracteres Fitotécnicos da Soja/ Influência do Hidrogel nos Caracteres Fitotécnicos da Soja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.8, p. 54287–54303. 2020.
- AGUIRRE, N. C.; CABRERA, F. A. V. Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, Medellín, v. 65, n.2, p. 6593-6604. 2012.
- AHMAD, M. D.; TURRAL, H.; NAZEER, H. Diagnosing irrigation performance and water productivity through satellite remote sensing and secondary data in a large irrigation system of Pakistan. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v.96, p.551-564, 2009.
- AHMED, E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. **Journal of advanced research**, Egito, v. 6, n. 2, p. 105-121, 2015.
- AIKMAN, D. P. Potential increase in photosynthetic efficiency from the redistribution of solar radiation in a crop. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.40, n.217, p.885-864, 1989.
- ALBERT, E.; SEGURA, V.; GRICOURT, J.; BONNEFOI, J.; DERIVOT, L.; CAUSSE, M. Association mapping reveals the genetic architecture of tomato response to water deficit: focus on major fruit quality traits. **Journal of Experimental Botany**, Reino Unido, v.67, n.22, p.6413– 6430, 2016.
- ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido à doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.671-679, 2009.
- ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; PEIL, R. M. N. Produtividade biológica de genótipos de tomateiro em sistema hidropônico no outono/inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 613- 619, 2012.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines of computing crop water requirements**. FAO. Irrigation and Drainage. Roma, p.300, 1998.

ALMEIDA, B. G. **Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo**. 2008. 104 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo: USP. 2008.

ALVARENGA, M. A. R. **Origem, botânica e descrição da planta**. In: Alvarenga, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2.ed. Lavras: Editora universitária de Lavras, Cap. 1, p. 13-21. 2013.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras:UFLA, 400p. 2004.

ANA -Agência Nacional de Águas E Saneamento Básico. **Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada**. 2ª Edição. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Cadernos de capacitação em recursos hídricos: outorga de direito de uso dos recursos hídricos**. Brasília: SAG, versão.1, v.6, 50 p. 2011.

ANDRADE, M. A. F. **Relações hídricas e crescimento de plantas jovens de café sob diferentes regimes hídricos e dose de N e K**. 2011. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2011.

ANJUM, S. A.; XIE, X.; WANG, L. C.; SALEEM, M. F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, Lesotho, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.

ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. E. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p. 94-99, 2007.

ARAUNAH. Ficha de informações de segurança de produtos químicos. 2019.

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 155-124, 2011.

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. **Alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem**. In.: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2.ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p. 15-38. 2012.

AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. V.; NASCIMENTO NETO, J. R.; VIANA, T. A.; VASCONCELOS, D. V. Irrigation depths and yield response factor in the productive phase of yellow melon. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 4, 2016.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**. Maringá. V. 24 n.5. p.1239-1243, 2002.

AZEVEDO, V. F.; ABBOUD, A. C. S.; CARMO, M. G. F. Row spacing and pruning regimes on organically grown cherry tomato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p.389-394, 2010.

BABLA, M.; KATWAL, U.; YONG, M. T.; JAHANDARI, J.; RANME, M.; CHEN, H. Z.; TÃO, Z. Value-added products as soil conditioners for sustainable agriculture. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 178, n.106079, 2022.

BAHADUR, A.; LAMA, T. D.; CHAURASIA, S. N. S. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, biomass production, water use and yield response of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown under deficit irrigation and varying nitrogen levels. **Indian J. Agric. Sci**, Nova Délhi, v. 85, p. 224-228, 2015.

BALDEÓN, M. J. S. **Efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) en Ecuador**. 2022. 26 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Técnica de Babahoyo, Babahoyo, 2022.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 831-839, 2004.

BERGONCI, J. I. **Avaliação de indicadores de déficit hídrico em milho**. 1997. 111 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Ed. 8<sup>a</sup>. Editora: UFV, Viçosa. 2008.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**, edição: 8<sup>a</sup>. Editora: UFV, 2<sup>a</sup> reimpressão. Viçosa, MG, 625p. 2009.

BERNIER, J.; ATLIN, G.N.; SERRA J, R.; KUMAR, A.; SPANER, D. Breeding upland rice for drought resistance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Oxford, v. 88, n. 6, p. 927-939, 2008.

BIANCHI, C. A. M. Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e Convencional. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2004.

BORGES, V. P. **Necessidades hídricas e produtividade de água da cultura do meloeiro irrigado na região de Mossoró-RN**. 149 f. 2011. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2011.

BORTOLIN, A. **Desenvolvimento de nanocompósitos baseados em hidrogéis aplicados à liberação de nutrientes agrícolas**. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

BRASIL, Instrução Normativa nº 35, Especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília – DF, Brasil, 2006.

BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. DOS A., LIMA, G. S. DE, SÁ, F. V. DA S., ARAÚJO, T. T. DE; SILVA, E. C. B. DA. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 139-153, 2015.

BRITO, R. A. L. **Disponibilidade e produtividade da água**: Um desafio para o século 21. I Simpósio de Pesquisa em Ciências Agrárias no Semiárido Mineiro. EMBRAP A, Sete Lagoas MG. 2007.

CABRAL, M. A. **Racionalização de recursos hídricos com auxílio de polímero hidrorretentor no cultivo de tomate Sweet Grape cv. BRS Zamir**. 2021. 28 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Conservação dos Recursos Naturais do Cerrado). Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2021.

CAI, X.; YANG, Y.E.; RINGLER, C.; ZHAO, J.; YOU, L. Agricultural water productivity assessment for the Yellow River Basin. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 98, p. 1297-1306, 2011.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 255-259, 2005.

CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem grande Paulista, v. 10, n. 15, p. e311101523155-e311101523155, 2021.

CAMPOS, R. S.; COSTA, E.; CAVALCANTE, D. F.; FREITAS, R. A.; BINOTTI, F. F. S. Tomateiro cereja ornamental em diferentes ambientes protegidos e materiais refletores em bancada de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 36, n. 1, p. 9-20, 2023.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. de C. **Condicionadores do solo**: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015.

CARVALHO, F. J. **Efeito da adubação nitrogenada associada a gel hidrorretentor no tomateiro de mesa**. 38 f. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Olericultura) - Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2017.

CASTRO, A. J.; LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. D.; GIAGNOCAVO, C.; GIMENEZ, M.; CÉSPEDES, L.; LA CALLE, A.; ... VALERA, D. L. Six collective challenges for sustainability of Almería greenhouse horticulture. **International journal of environmental research and public health**, Basel, v. 16, n. 21, p. 4097, 2019.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Anuário HF Brasil: Retrospectiva 2022 & Perspectiva 2023. HFBrasil, 2022. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista.aspx>. Acesso em: 06 fev. 2023.

CHAI, Q.; GAN, Y.; ZHAO, C.; XU, H. L.; WASKOM, R. M.; NIU, Y.; SIDDIQUE, K. H. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. **Agronomy for sustainable development**, [S. l.], v. 36, p. 1-21, 2015.

CHAITANYA, K. V.; RASINENI, G. K.; REDDY, A. R. Biochemical responses to drought stress in mulberry (*Morus alba* L.): evaluation of proline, glycine betaine and abscisic acid accumulation in five cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, v. 31, p. 437-443, 2009.

CHAND, J. B.; HEWA, G.; HASSANLI, A.; MYERS, B. Deficit irrigation on tomato production in a greenhouse environment: A review. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 147, n. 2, p. 04020041, 2021.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2.ed. edição, revisão estendida. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p. 01-783, 2005.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkely: Universit of California, 124p. 1942.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense**. Brasília, v.21, 2019.

COSTA, C. A.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R.; SILVA, A. C.; PEREIRA, C. M.; ROCHA S. L.; CASTRO, A. C.; RIBEIRO, F. L. A.; BONFIM, F. P. G. Produção orgânica de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006 **Anais... Horticultura Brasileira**, Brasília, 2006.

COSTA, E.; SANTO, T. L.; SILVA, A. P.; SILVA, L. E.; OLIVEIRA, L. C.; BENETT, C. G.; BENETT, K. S. Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 110-118, 2015.

COSTA, S. V. **Desenvolvimento e calibração de um mini-tanque evaporimétrico**. 2004, 106 f, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e solo) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2004.

COTTEM, W. V. **O papel de Terracottem como um absorvente universal**. Ghent. Bélgica: editora, 1998.

COYAGO-CRUZ, E.; CORELL, M.; MORIANA, A.; HERNANZ, D.; BENÍTEZ-GONZÁLEZ, A. M.; STINCO, C. M.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J. Antioxidants (carotenoids and phenolics) profile of cherry tomatoes as influenced by deficit irrigation, ripening and cluster. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 240, p. 870 - 884. 2018.

CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. Methods for evaluating irrigation systems. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA. **Agricultural Handbook**, [S. l.], n. 82, p. 24, 1956.

DANTAS, L. O.; MAIA, A. G.; MORENO, M. N.; MELO, N. G. M.; SOUZA, R. P.; SOUZA, R. A. T.; MARTIM, S. R. Análise físico-química e microbiológica de tomates cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cesariforme*) comercializados em empórios de Manaus-AM. **Research, Society and Development**, Vargem grande Paulista, v. 10, n. 15, p. e527101523276-e527101523276, 2021.

DAS, N. Preparation methods and properties of hydrogel: a review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, West Conshohocken, v. 5, n. 3, p. 112-117, 2012.

DATABASE COMTRADE NAÇÕES UNIDAS. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://comtrade.un.org/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J.; YANG J.; DODD, I. C. Novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 149, p. 123-131, 2011.

DINAR, Ariel. Economic factors and opportunities as determinants of water use efficiency in agriculture. **Irrigation Science**, [S. l.], v. 14, p. 47-52, 1993.

DODD, I. C. Rhizosphere manipulations to maximize 'crop per drop' during deficit irrigation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, p. 2454-2459, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. **Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem**, 33. Campina Grande: UFPB. 1994.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979.

DOSS, B. D.; ASHLEY, D. A; BENNET, O. L. Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage species. **Agronomy Journal**, [S. l.], v. 52, n. 10, p. 569-572, 1960.

DOSSA, D.; FUCHS, F. Tomate: Análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundiais, brasileiro e paranaense. **Boletim Técnico 03 Tomate**, Curitiba, 2017. Disponível em: [http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Boletim\\_Tecnico\\_Tomate1.pdf](http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Boletim_Tecnico_Tomate1.pdf). Acesso em: 05 mar. 2022.

DUSI, D. M. **Efeito da adição do polímero hidroretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos**. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Solos). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.

EGEA, F. J.; TORRENTE, R. G.; AGUILAR, A. An efficient agro-industrial complex in Almería (Spain): Towards an integrated and sustainable bioeconomy model. **New biotechnology**, [S. l.], v. 40, p. 103-112, 2018.

EMBRAPA. **Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira.** – Brasília, DF: Embrapa, 212 p. 2018.

EVANGELISTA, A. W. P; PEREIRA G. M. Avaliação de dois tipos de evaporímetros na estimativa da demanda evaporativa do ar (ET) no interior de casa de vegetação, em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1348-1353, 2003.

FAO - Food and Agriculture Organization, 2021. Culturas e produtos pecuários. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 05 fev de 2023.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Information system on water and agriculture.** Brasília, DF: FAO, 2020.

FAO. Crops and drops. making the best use of water for agriculture. Roma. 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/3/y3918e/y3918e00.htm>. Acesso em: 18/06/2023.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Roma: FAO, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 15 abr. 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**, Costa Rica, v. 17, n. 40, p.11-20, 2020.

FELIX, D. V. **Níveis de irrigação e doses de hidrogel na produção da couve-chinesa em ambiente protegido.** 2018. 40 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado) - Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, Ceres, 2018.

FERNANDES, A. C. O. **Hidrogel e retenção de água em dois solos cultivados com feijão-caupi e girassol.** 53 p. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FERNANDES, G. S. T.; LIMA, E. A.; CHAVES, D. V.; VIEIRA, J. D. A. M. Resposta do tomateiro ‘Sweet Heaven’ cultivado sob doses de bioestimulante à variação temporal dos elementos do clima em Bom Jesus, PI. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 1, 2018.

FERREIRA, A. K. C. **Compostagem de resíduos orgânicos e seus efeitos no cultivo do tomate cereja.** 2016. 163 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Mossoró, 2016.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. **Colorimetria: princípios e aplicações na agricultura.** Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças. Parte 4. Análises não destrutivas. Tradução. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Ferreira2/publication/320852874\\_Instrumentacao\\_pos-colheita\\_em\\_frutas\\_e\\_hortalicas\\_Editor\\_Tecnico\\_Embrapa/links/59fe053e0f7e9b9968c3cbe7/](https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Ferreira2/publication/320852874_Instrumentacao_pos-colheita_em_frutas_e_hortalicas_Editor_Tecnico_Embrapa/links/59fe053e0f7e9b9968c3cbe7/)

Instrumentacao-pos-colheita-em-frutas-e-hortalicas-Editor-Tecnico-Embrapa.pdf. Acesso em: 17 fev. 2023.

FIALHO, G. S.; SILVA, D. P.; REIS, E. F.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, Tarapacá, v. 28, n. 3, p. 35-39, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agro tecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças** – Viçosa, UFV, 2008.

FONTENO, W. C.; BILDERBACK T. E. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, [S.l.], v. 118, n. 2, p. 217-22, 1993.

FONTES, P. C. R. Produção de Hortaliças em Ambiente Protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.20, n.200/201, p.1-2, 1999.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Cultura do tomate**. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). Olericultura: teoria e prática. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 457- 475.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: EDUEM, 356p, 2012.

FRIZZONE, J. A. **Engenharia de Biosistemas: Irrigação por aspersão**. Piracicaba: ESALQ/ Departamento de Engenharia de Biosistemas, n. 3, 60p, 2015.

FURQUIM, M. G. D.; NASCIMENTO, A. R.; CORCIOLI, G. Aspectos gerais sobre a tomaticultura de mesa: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.l.], v. 12, n. 9, p. 598-610, 2021.

GARG, N. K.; DADHICH, S. M. A. proposed method to determine yield response factors of different crops under deficit irrigation using inverse formulation approach. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 137, n. 7, p.68-74, 2014.

GATTA, G.; GIULIANI, M. M.; MONTELEONE, M.; NARDELLA, E.; DE CARO, A. Deficit irrigation scheduling in processing tomato. In: Lamaddalena, N., Bogliotti, C., Todorovic, M., Scardigno, A. (ed.), **Water Saving in Mediterranean Agriculture and Future Research Needs**, Bari, vol. 1, p. 277–289, 2007.

GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v.96, p.1275- 1284, 2009.

GERVÁSIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 2, p.94-105, 2004.

GIORDANO, L. B.; BARBOSA, V. COLHEITA. IN: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia. 168 p. 2000.

GOMAA, M.; ALDABY, E. S. E. Macroalgal-derived alginate/wastepaper hydrogel to alleviate sunflower drought stress. **Planta**, Bethesda, v. 257, n. 6, p. 112, 2023.

GÓMEZ, R.; COSTA, J.; AMO, M.; ALVARRUIZ, A. P.; PARDO, J. Physicochemical and colorimetric evaluation of local varieties of tomato grown in SE Spain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S.l.], v. 81, p. 1101–1105, 2001.

GOTO, R. Manejo nutricional no cultivo de hortaliças em estufa. In: Encontro de hortaliças, encontro de plasticultura da região sul. Maringá: **Anais...** Universidade Estadual de Maringá, p.11- 18. 1995.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 139 p. 1998.

GRANDE, L.; LUZ, J. M. Q.; MELO, B.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO, J. O. M. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003.

GROSE, P. Composted soil conditioner and mulch promote native plant establishment from seed in a constructed seasonal wetland complex. **Ecological Management & Restoration**, Australia, v.12, n.2, p. 151-154, 2011.

GUALBERTO, R.; RESENDE, F. V.; GUIMARAES, A. M.; AMBROSIO, C. P. Performance of long-life-type salad tomato cultivars grown in a protected environment and under field conditions. **UNIMAR Ciências**, Marília, p. 133-138, 1998.

HAFLE, O. M.; CRUZ, M. C. M.; RAMOS, P. S.; RAMOS, J. D.; RAMOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímeros hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 3, p.232-236, 2008.

HENRIQUE, J. S.; NETO, M. A. D.; MENESES, C. E. B.; JESUS, J. C.; GUEDES, L. R.; MELO, T. S. Frequência de irrigação e hidrogel no consumo hídrico e crescimento do maracujazeiro amarelo em lisímetro. **Conjecturas**, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 1398-1412, 2022.

HETHERINGTON, A. M.; WOODWARD, F. I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. **Nature**, New York, v. 424, n. 24, p. 901-908, 2003.

HEYDARI, N. Water productivity in agriculture: challenges in concepts, terms and values. **Irrigation and Drainage**, [S.l.], v. 63, p. 22-28, 2014.

HOOSHMAND, M.; ALBAJI, M.; ZADEH ANSARI, N. A. The effect of deficit irrigation on yield and yield components of greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum*) in hydroponic culture in Ahvaz region, Iran. **Scientia horticultrae**, [S.l.], v. 254, p. 84-90, 2019.

HOWELL, T. A.; STEINER, J. L.; SCHNEIDER, A. D.; EVETT, S. R. Evapotranspiration of irrigated winter wheat – Southern High Plains. **Transactions of the ASAE**, Joseph, v. 38, n. 3, p. 745-759, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA. Dez., 2021. Sistema IBGE de recuperação automática de dados – Sidra IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>. Acesso em: 06/02/2023.

IDROBO, H. J.; RODRIGUEZ, A. M.; ORTÍZ, J. E. D. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. **Revistas Científicas de América Latina**, el Caribe, España y Portugal, [S.l.], p.33-37, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ed. São Paulo: IAL,1533p. 2008.

JALEEL, C. A.; GOPI, R.; SANKAR, B.; GOMATHINAYAGA, M.; PANNEERSELVAM, R. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus Roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologies**, [S.l.], v. 331, n. 1, p. 42-47, 2008.

JOHNSON, M. S. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, England, v.35, n.10, p.1063-1066, 1984.

JOSÉ, J. F. S. **Caracterização físico-química e microbiológica de tomate cereja (*Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*) minimamente processado submetido a diferentes tratamentos de sanitização**. 2013. 156 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

KARATAS, B. S.; AKKUZU, E.; UNAL, H. B.; ASIK, S.; AVCI, M. Using satellite remote sensing to assess irrigation performance in water user associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v.96, p.982-990, 2009.

KECHINSKI, C.; THYS, R. **A feira: tomate: histórico**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.  
KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. **Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing**, [S.l.], 133p. 1975.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. **Avibook**, New York, 649 p., 1990.

KENDRICK, R. E.; FRANKLAND, B. **Fitocromo e crescimento vegetal**. São Paulo: USP, 76 p.,1981.

KERSTIENS, G. Water transport in plant cuticles: an update. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 11, p. 2493-2499, 2006.

KHAPTE, P. S.; KUMAR, P.; BURMAN, U.; KUMAR, P. Deficit irrigation in tomato: Agronomical and physio-biochemical implications. **Scientia horticultrae**, Porto, v. 248, p. 256-264, 2019.

KIRDA, C.; ÇETIN, M.; DASGAN, Y.; TOPÇU, S.; KAMAN, H.; EKICI, B.; OZGUVEN, A. I. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. **Agricultural water management**, [S.l.], v. 69, n. 3, p. 191-201, 2004.

KÖPPEN, W. Grundriss der klimakunde. In: Grundriß der Klimakunde. Walter de Gruyter, Berlin, 1923.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego, Academic Press, 495 p. 1995.

KUKAL, M. S.; IRMAK, S. Irrigation-limited yield gaps: trends and variability in the United States post-1950. **Environmental Research Communications**, [S.l.], v. 1, n. 6, p. 061005, 2019.

KUŞÇU, H.; TURHAN, A.; DEMIR, A. O. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 133, p. 92-103, 2014.

LEITE, R. C.; LUCHETA, A. R.; HOLANDA, R. B.; SILVA, P. M. P.; CARMO, A. L. V.; R. C.; MELO, C. C. A.; COSTA, R. V.; MONTINI, M.; FERNANDES, A. R. Bauxite residue valorization - Soil conditioners production through composting with palm oil mill residual biomass. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 835, n. 155413, 2022.

LI, F.; YU, J.; NONG, M.; KANG, S.; ZHANG J. Partial root-zone irrigation enhanced soil enzyme activities and water use of maize under different ratios of inorganic to organic nitrogen fertilizers. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 97, p. 231–239, 2010.

LIMA, M. E. D.; CARVALHO, D. F. D.; SOUZA, A. P. D.; ROCHA, H. S.; GUERRA, J. G. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 604-610, 2012.

LIMA, T. P.; GOMES FILHO, R. R.; CADORE, R.; FREITAS, D. S.; CARVALHO, C. M.; AGUIAR NETTO, A. O. A. Lâminas de irrigação e formas de adubação na produção de tomate de mesa. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 38, n. 1, p. 18-25, 2017.

LIU, F. L.; ANDERSEN, M. N.; JENSEN, C. R. Capacity of the 'BallBerry' model for predicting stomatal conductance and water use efficiency of potato leaves under different irrigation regimes. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 122, p. 346–354, 2009.

LIU, F.; SHAHNAZARI A.; ANDERSEN, M. N.; JACOBSEN, S. E.; JENSEN, C. R. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 109, p.113–117, 2006.

LOPES, S. J.; STORCK, L.; HELDWEIN, A. B.; FEIJÓ, S.; ROS, C. A. Técnicas experimentais para tomateiro tipo salada sob estufas plásticas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, p. 193-197, 1998.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO A. D.; BOLIGON, A. A.; LOPES, S. J.; STORCK, L. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p.316-323, 2005.

- LU, C.; ZHANG, J. Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 336, p. 1199-1206, 1999.
- LUCAS, J. F. R.; TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; CÁSSARO, F. A. M. Curva de retenção de água no solo pelo método do papel-filtro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1957-1973, 2011.
- LÚCIO, A. D.; HAESBAERT, F. M.; SANTOS, D.; SCHWERTNER, D. V.; BRUNES, R. R. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 660-668, 2012.
- LÚCIO, A. D.; MELLO, R. M.; STORCK, L.; CARPES, R. H.; BOLIGON, A. A.; ZANARDO B. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p.766-770, 2004.
- MACÊDO, L. S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeito de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 296-304, 2005.
- MACEDO, O. F. L. **Síntese, caracterização e avaliação de hidrogéis superabsorventes copolimerizados empregados na liberação lenta de fertilizantes**. 2022. 102 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.
- MACHADO, J. L.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; SCAPIM, C. A. Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção da água de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 495-502, 2008.
- MACIEL G. M; FERNANDES M. A. R; MELO O. D; OLIVEIRA C. S. Potencial agrônomo de híbridos de minitomate com hábito de crescimento determinado e indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n.1, p. 144-148, 2016.
- MACIEL, G. M.; SILVA, E. C. Herança do formato do fruto em tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.4, 2008.
- MAGALHÃES, P. C.; SIMEONE, M. L. F.; CARNEIRO, N. P.; GOMES JUNIOR, C. C.; SOUZA, T. C.; OLIVEIRA, A. C.; FONSECA, T. M. Efeitos de diferentes níveis de estresse hídrico na caracterização ecofisiológica de genótipos de sorgo. In: Congresso nacional de milho e sorgo, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: **anais**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.
- MAGHCHICHE, A.; HAOUAM A.; IMMIRZI, B. "Use of polymers and biopolymers for water retaining and soil stabilization in arid and semiarid regions." **Journal of Taibah University for Science**, London, v. 4, n. 1, p. 9-16, 2010.
- MALCHER, D. S. S.; CARVALHO, F. S.; SANTOS, T. V.; SANTOS, T. S.; CARVALHO, T. A.; BORGES, L. S. Índice de clorofila e produtividade de cultivares de tomate cereja (*lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), produzidos em altas temperaturas, sob ambiente protegido. **Desafios**, Tocantins, v. 9, n. 2, p. 85-96, 2022.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa MG: UFV, 451 p. 2005.

MARINHO, D. D. V. **Parâmetros genéticos para caracteres agronômicos no cruzamento de cultivares de tomate cereja (*solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) tolerantes a requeima (*phytophthora infestans*)**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2018.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Embrapa Hortaliças: Circular Técnica (INFOTECA-E), Brasília, 2012.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 342-346, 2006.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 342-346, 2006.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento. Brasília: Embrapa Hortaliças. **Circular Técnica**. v. 30, 32 p. 2002.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Use of different doses of hydrogel for sweet pepper seedling production. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, Paraná, v. 3, n. 2, p. 60-64, 2010.

MASCHIO, R. **Produtividade da água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar**. 88 p. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MATOS, E. S. **Desempenho de híbridos de tomate de mesa em função de sistemas de condução e da densidade populacional**. 2010. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MATZENAUER, R. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 263-275, 1998.

MATZENAUER, R. **Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura**. In: BERGAMASCHI, H.; BERLARTO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R.; SANTOS, M. L. V.; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. (Coord.). Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: UFRGS, p.33-4, 1992.

MAZUR, K. Z.; GAJEWSKI, M.; METERA, A. M.; WTULICH, J. A.; MARCINKOWSKA, M. M. Effect of Growing Medium and Harvest Term on Yield and Several Quality Traits of Two Cultivars of "Cherry" Tomatoes. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 197-202, 2012.

MEDEIROS J. F.; AROUCHA E. M.; DUTRA I.; CHAVES S. W.; SOUZA M. S. Efeito da lâmina de irrigação na conservação pós-colheita de melão Pele de Sapo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 514-519, 2012.

MELO P. C. **Produção de sementes de tomate**. 2007. Disponível em: [http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Paulo% 20C%C3%A9sar2\\_Prod\\_sem\\_%20tomate.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Paulo%20C%C3%A9sar2_Prod_sem_%20tomate.pdf)  
Acesso em: 29 de fev. de 2022.

MENCARELLI, F.; SALVEIT JÚNIOR, M. E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.113, p.742-745, 1988.

MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D. C. M.; SOUZA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 4, p. 239-245, 2015.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MINOLTA CORP. **Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation**. Osaka: MINOLTA Corp. Ltda., 2007. 60p.

MINOLTA. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions. 22 p. 1989.

MIRANDA, A. M.; OLIVEIRA, E. M.; SANTOS, K. C. F.; FREIRE M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.484-490, Campina Grande, PB, 2011.

MIRANDA, F. R.; MESQUITA, A. L. M.; MAIA, C. W. C. P.; SOARES, J. V. S.; CORREIO, J. G. S. Cultivo protegido de tomate cereja, em substrato, na região da Ibiapaba, Ceará. **Circular Técnica 51. Fortaleza**: Embrapa Agroindústria Tropical, 2023.

MONTE, J. A; PACHECO, A. S; CARVALHO, D. F; PIMENTEL, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 222-227, 2009.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; BORDINI, I. C.; GALVÃO, A. G.; REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Paraná, v. 16, n. 1, p. 9-17, 2015.

MOREIRA, J. A. A.; CARDOSO, A. F.; COSTA, L. L.; RODRIGUES, M. S.; PEIXOTO, N.; BRAZ, L. T. Manejo de irrigação para otimização do rendimento e qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 408–417, 2012.

MORGAN, L. Fruit flavour and hydroponics. **Practical Hydroponics & Greenhouses**, Qingzhou, n.33, p.21- 31, 1997.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; OLIVEIRA, L. D. S.; SILVA, T. G. F.; YURI, J. E. Biometria e eficiência do uso da água em tomate cereja no Semiárido. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 1, p. 175-183, 2017.

MURAIISHI, R. I. **Condicionadores em substratos para a formação de mudas de eucalipto com dois níveis de irrigação**. 52 f. 2012. Doutorado (Ciência do solo). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

NANGARÉ, D. D.; SINGH, Y.; KUMARY, P. S.; MINHAS, P. S. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v.171, p.73- 79, 2016.

NASCIMENTO, A. D. R.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

NASCIMENTO, A. R. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico com turno de rega o e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p.628- 635, 2013.

NASCIMENTO, I. R. S.; RODRIGUES, E. N. S.; SANTOS, F. A.; SOARES, F. J. S.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO, J. R. E. S.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, G. R.; BULHÕES L. E. L.; SANTOS, J. P. O. Lâminas de irrigação e hidrogel nas taxas de crescimento e produção de tomateiro. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, Paraná, v. 24, n. 2, 2021.

NASCIMENTO, W. M.; MELO, P. C. T.; FREITAS, R. A. **Produção de sementes**. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (Ed.). Produção de tomate para processamento industrial. Brasília, DF: Embrapa, p. 53-75. Biblioteca(s): Embrapa Hortaliças, 2012.

NASSAJ-BOKHARAEI, S.; MOTESHAREZEDEH, B.; ETESAMI, H.; MOTAMEDI, E. Effect of hydrogel composite reinforced with natural char nanoparticles on improvement of soil biological properties and the growth of water deficit-stressed tomato plant. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S.l.], v. 223, p. 112576, 2021.

NAVROSKI, M. C. **Hidrogel como condicionador de substrato para produção de mudas de Eucalyptus dunnii Maiden**. 224 f. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; SILVA CUNHA, F.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Influência do Polímero Hidroretentor na Sobrevivência de Mudas de *Eucalyptus dunnii* sob Diferentes Manejos Hídricos. **Nativa**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 108–113, 2014.

NEMESKÉRI, E.; NEMÉNYI, A.; BÓCS, A.; PÉK, Z.; HELYES, L. Physiological Factors and their Relationship with the Productivity of Processing Tomato under Different Water Supplies. **Water**, [S.l.], v. 11, n. 3, pág. 586, 2019.

NEVES, S. M. A. S.; SEABRA JUNIOR, S.; ARAUJO, K. L.; SOARES NETO, E. R.; NEVES, R. J.; DALLACORT, R.; KREITLOW, J. P. Análise climática aplicada à cultura do

tomate na região Sudoeste de Mato Grosso: subsídios ao desenvolvimento da agricultura familiar regional. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 7, n. 2, p.97-115, 2013.

NIMAH, N. M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M. A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, p.742-745, 1983.

OLIVEIRA, A. D. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. D. J. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, p. 86-95, 2005.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J.; TURCO, J. E. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 131–138, 2010.

PATANÈ, C.; TRINGALI, S.; SORTINO, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.129, n.4, p.590-596, 2011.

PELOSO, A. D. F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. D. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 389 - 399, 2017.

PEREIRA, E. R. **Cultivo da rúcula e do rabanete sob túneis baixos cobertos com plástico com diferentes níveis de perfuração**. Piracicaba. 113 p. 2002.

PEREIRA, I. C.; CATÃO, H. C. R.; CAIXETA, F. Seed physiological quality and seedling growth of pea under water and salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 2, p. 95-100, 2020.

PEREIRA, L. S. Uso sustentável da água e convivência com a escassez: revisitando conceitos e indicadores. **Ingeniería del agua**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 237-250, 2007.

PEREIRA, R. B.; CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. B. Diagnose e controle alternativo de doenças em tomate, pimentão, cucurbitáceas e cenoura. **Circular técnica**. Brasília: EMBRAPA, 2013.

PERRY, C.; STEDUTO, P.; ALLEN, R.G.; BURT, C.M. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 96, n. 11, p. 1517-1524, 2009.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. A. H. Caderno Didático de Fisiologia Vegetal (UFSM). **Cadernos Pronatec Goiás**, Goiás, v. 1, n. 1, p. 386-378, 2018.

PIMENTEL, C.; SARR, B.; DIOUF, O.; ABBOUD, A. C. S.; MACAULEY, H. R. Effects of irrigation regimes on the water status of cowpea cultivated in the field. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, [S.l.], v. 5, p. 153-159, 1999.

PIMENTEL, J. N. F. **Impacto da escassez hídrica na agricultura irrigada e estratégia de cultivo e manejo da irrigação em condições de déficit hídrico**. 2021. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

PORTO, A.; OLIVEIRA, L. **Tabela da composição de alimentos**. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Lisboa, 2006.

POSSE, R. P. **Determinação dos coeficientes da cultura (kc), de Produtividade (ky), da área foliar e efeito da lâmina de irrigação, do turno de rega e da adubação Potássica na produtividade do mamoeiro nas regiões Norte e noroeste fluminense**. 2008. 211 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Rio de Janeiro, 2008.

PRADOS, N. C. Contribucion al estudio de los cultivos enarenados em Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. **Tesis Doctoral**, Almeria, Espana, 195p. 1989.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidroretentores na infiltração da água no solo. **Scientia agraria**, Paraná, v. 8, p.313-317, 2007.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Campinas: IAC, Informações Tecnológicas. 11 p. 2006. Disponível em:< 164 file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/apostila\_ambiente\_protegido.pdf> Acesso em: 13 mar. 2022.

PUY, A.; BORGONOVO, E.; LO PIANO, S.; LEVIN, S. A.; SALTELLI, A. Irrigated areas drive irrigation water withdrawals. **Nature Communications**, Reino Unido, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2021.

RABELO, J. S. **Respostas do tomate cereja irrigado utilizando cobertura do solo com bagana de carnaúba**. 57f. 2017. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

RADIN, B. **Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes**. 200, 124 f. (Doutorado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; BERGONCI, J. I. Radiação interceptada e absorvida pela cultura do tomateiro em estufa plástica. Citação: **In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Anais... Santa Maria, p. 621-622, 2003.

RASHAD, R. T.; HUSSIEN, R. A. Studying the use of cellulose, silica and lignin extracted from rice straw as sandy soil conditioners, **IJAAR**, [S.l.], v. 3, n. 12, p. 21-35, 2013.

REICHARDT, K.; TIM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processo e aplicações**. São Paulo: Manole, 478p. 2004.

- REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; JUNIOR, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 386– 391, 2013.
- REIS, N. V. B.; HORINO, Y.; OLIVEIRA, C. S.; BOITEUX, L. Cultivo de tomate com ou sem cobertura plástica: Efeito sobre a produção e radiação interceptada. **In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 7, 1991, Viçosa. **Anais**. Viçosa:UFV, p. 12-15, 1991.
- RIPOLL, J.; URBAN, L.; BRUNEL, B.; BERTIN, N. Water deficit effects on tomato quality depend on fruit developmental stage and genotype. **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 190, p. 26-35, 2016.
- ROCHA, M. Q. **Crescimento, Fenologia e Rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção Agrícola Familiar) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.
- ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. 90 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2007.
- RODRIGUES, E. V.; SILVA, K. J. D; ROCHA, M. de M.; BASTOS, E. A.; SANTOS, A. dos. Tolerance of F2 populations of cowpea to water deficit. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 48 - 55, 2018.
- RODRIGUES, L. N.; ZACCARIA, D. **Agricultura Irrigada: um breve olhar**. Embrapa Cerrados, Brasília, 377 p. 2020.
- RODRIGUES, N.; CARVALHO, G. D. O.; TAVARES, S. D. L.; DONAGEMMA, G.; CLEMENTE, E. D. P. Índice SPAD para monitoramento da atividade fotossintética da braquiária submetida ao estresse hídrico. **Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2**. Ponta Grossa: Atena, cap. 7, p. 80-86, 2021
- ROQUE, I. A.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; LOPES, I. A. P.; ALMEIDA, A. K. C.; OLIVEIRA, S. G. Growth and physicochemical characterization of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Comunicata Scientiae Horticultural Journal**, Bom Jesus, v. 13, Ed. 3785, p. 1-8, 2022.
- ROYER, D. L. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO<sub>2</sub> concentration. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 114, n. 2, p. 1-28, 2001.
- SABADINI, R. C. **Redes poliméricas de macromoléculas naturais como hidrogéis superabsorventes**. 150 p. 2015. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.
- SAKAR, S.; BISWAS, M.; GOSWAMI, S. B.; BANDYOPADHYAY, P. K. Yield and water use efficiency of cauliflower under varying irrigation frequencies and water application

methods in Lower Gangetic Plain of India. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 97, p.55-1662, 2010.

SÁ, N. S.; PEREIRA, G. M.; ALVARENGA, M. A.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J. D. A. Behavior of tomato crop under different soil water tensions in a greenhouse. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 341-347, 2005. 25.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 443–454, 2010.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C. Efeito dos níveis de reposição de água no solo na produtividade do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, p.1378-1384, 2009.

SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ROCHA, R. C.; PEREIRA, A. V. A. Qualidade do tomate cereja cultivado sob lâminas de irrigação em ambiente protegido e campo aberto. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, p. 213–221, 2018.

SANTOS, A. P. **Déficit hídrico induzido em diferentes fases fenológicas no cultivo do tomate industrial**. 65 f. 2019. (Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres. 2019.

SANTOS, B. P.; SIQUEIRA, R. A. G.; VILLAR, J. A. A.; FREITAS, M. A. V. Agricultura e Irrigação no Brasil no cenário das Mudanças Climáticas. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, Tupã, v. 1, n. 2, 2022.

SANTOS, C.; SILVA, E. M. B.; SILVA, T. J.; SANTOS, T. F.; MATOS, D. Gramíneas tropicais submetidas à estresse hídrico. **Enciclopedia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, 2013.

SANTOS, J. C. C. D.; SALOMÃO, L. C.; SILVA, L. F. V. D.; OLIVEIRA, R. F. D.; CANTUÁRIO, F. S. D.; PEREIRA, A. I. D. A. Utilização de polímero hidroretentor e lâminas de irrigação para racionalização de recursos hídricos no cultivo do pimentão. **Irriga**, Botucatu, v. 27, n. 2, p. 408–418, 2022.

SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.83- 93, 2010.

SAYED, H. E.; KIRKWOOD, R. C.; GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 7, p. 891-899, 1991.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v. 148, p. 339-345, 1965.

SCHROEDER, J. I.; KWAK, J. M.; ALLEN, G. J. Guard cell abscisic acid signalling and engineering drought hardiness in plants. **Nature**, Reino Unido, v. 410, p. 327–330, 2001.

SCHWARZ, K; RESENDE J. T. V; PRECZENHAK, A. P; PAULA, J. T; FARIA, M. V; DIAS, D. M. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 410-418, 2013.

SERRA, J., R.; SINCLAIR, R. T. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions. **Plant Cell Environmental**, [S.l.], v.25, p. 333 - 341, 2002.

SILVA, C. A.; SILVA C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, São Paulo, n. 8, 2005.

SILVA JÚNIOR, A. A.; PRANDO, H. F. Cultivares e épocas de semeadura de tomate para o litoral catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 9, n. 4, p. 48- 50, 1989.

SILVA, A. A.; CARMO, C. A. S.; MORETI, C. L.; RONCHI, C. P.; MARTINS, D. S.; PRATISSOLI, D.; ANDRADE, E. M. C.; FREITAS, F. C. L.; ALMEIDA, G. C.; COSTA, H.; SOUZA, J. L.; VENTURA, J. A.; BALBINO, J. M. S. **Tomate**. Vitória, ES: Incaper, 430 p. 2010.

SILVA, A. C.; COSTA, C. A.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 33-40, 2011.

SILVA, A. L. **Produção e evapotranspiração do tomate-cereja submetido a lâminas de irrigação, em ambiente protegido**. 38 f. 2020. Monografia (Agronomia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido–UFERSA. Mossoró. 2020.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista científica eletrônica de agronomia**, São Paulo, n. 8, 2005.

SILVA, C. J.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, C. A. Tomato yield as a function of water depths and irrigation suspension periods. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 8, p. 591-597, 2019.

SILVA, C. O. F.; PUTTI, F. F.; MANZIONE, R. L. Panorama da evolução da agricultura irrigada no sudeste do brasil entre 2006 e 2017. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, Botucatu, v. 1, n. 3, p. 446-457, 2021.

SILVA, D. D. S. **Desenvolvimento e produção do tomateiro BRS Nagai em função de lâminas de irrigação e doses de hidrogel**. 34f. 2019. Monografia (Agronomia). Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2019.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**, [S.l.], v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946- 460 952, 2015.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Cultivo de tomate para industrialização**. Brasília, DF: Sistemas de Produção, 2ª edição, Embrapa Hortaliças, Brasília, 2006.

SILVA, J. M. D., FERREIRA, R. S., MELO, A. S. D., SUASSUNA, J. F., DUTRA, A. F., GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 40-46, 2013.

SILVA, J. M. D.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S. D.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 40-46, 2013.

SILVA, K. D. F.; MENEZES, F. M. N.; OLIVEIRA, M. F.; SILVA, N. L.; GUEDES, F. L.; POMPEU, R. C. F. F.; SOUZA, H. A. Produção, clorofila e eficiência do uso da água em milho cultivado em solo de área degradada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, p. 573-584, 2015.

SILVA, L. A.; OLIVEIRA FILHO, J. C.; FERREIRA JÚNIOR, O. J.; LEITE, O. C.; LOPES, D. A. P. S.; AGUIAR, G. R.; PEREIRA, F. F. P. Eficiência e uniformidade de distribuição de água em batata-doce irrigado por aspersão no sul tocaninense. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Tocantins, v. 9, n. 1, p. 085-095, 2021.

SILVA, L. C.; FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, E. M.; RAMANA RAO, T.V. Variação diurna da resistência estomática à difusão de vapor de água em amendoim irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 269-76, 1998.

SILVA, V. B. **Resposta do tomate cereja sob cultivo orgânico aos níveis de água e diferentes tipos de cobertura morta**. 63 p. 2017. Dissertação (Dissertação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SITA, R. C. M.; REISSMANN, C. B.; MARQUES, C.; OLIVEIRA, E.; TAFFAREL, A. D. Effect of polymers associated with N and K fertilizer sources on *Dendrothema grandiflorum* Growth and K, Ca and Mg relations. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Brasília, v. 48, n.3, p. 335-342, 2005.

SOARES, A. A. D. S. C. **Influência da adubação orgânica na produção do tomate cereja**. 2019. 22 f. Monografia (Agronomia). Faculdade da Amazônia. Vilhena – AM, 2019.

SOARES, L. A. A.; BRITO, M. E. B.; DE ARAÚJO, T. T.; DA SILVA SÁ, F. V.; SILVA, E. C. B. Morfofisiologia e qualidade pós-colheita do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 8, n. 1, p. 35, 2013.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; ARAÚJO, T. T.; SÁ, F. V. S. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 6, p. 210-217, 2011.

SOARES, L. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA SÁ, F. V.; SILVA, E. C. B.; ARAÚJO, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação

em ambiente protegido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 38-45, 2012.

SOIL CONSERVATION SERVICE. National Engineering Handbook. **Sprinkler Irrigation**, Washington, v. 15, n. 11, 83p. 1968.

SOUSA, J. L. Tomate para mesa em sistema orgânico. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 109-120, 2003.

SOUSA, K. C. **Fator de sensibilidade ao déficit hídrico e resposta à irrigação deficitária em duas cultivares de tomate cereja**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SOUSA, K. C.; COSTA, R. N. T.; NUNES, K. G.; SILVA, A. O. Irrigation strategies in production of cherry tomatoes under water scarcity conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Impresso), Campina Grande, v. 26, p. 425-432, 2022.

SRINIVASA RAO, N. K.; BHATT, R. M.; SADASHIVA, A. T. Tolerance to water stress in tomato cultivars. **Photosynthetica**, República Tcheca, v. 38, n. 3, p. 465-467, 2001.

STEDUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012.

SURESH, R.; PRASHER, S. O.; PATEL, R. M.; QI, Z.; ELSAYED, E.; SCHWINGHAMER, T.; EHSAN, A. M. Super absorbent polymer and irrigation regime effects on growth and water use efficiency of container-grown cherry tomatoes. **Transactions of the ASABE**, [S.l.], v. 61, n. 2, p. 523-531, 2018.

TABATABAIE, S. J.; GREGORY, P. J.; HADLEY, P. Uneven distribution of nutrients in the root zone affects the incidence of blossom end rot and concentration of calcium and potassium in fruits of tomato. **Plant and Soil**, [S.l.], v. 258, n. 2, p. 169-178, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.819p.

TAYLOR, I. B.; BURBIDGE, A.; THOMPSON, A. J. Control of abscisic acid synthesis. **Journal of Experimental Botany Oxford**. v. 51, n. 350, p. 1563- 1574, 2000.

TEIXEIRA, W.; MAIA, C.; CARVALHO, M.; REZENDE, F. Potencialidades do uso do biocarvão como condicionador de solo no Brasil. **Nota Técnica**. Embrapa, Rio de Janeiro, 2015.

TERRACOTTEM. **Guia técnico1.0**. Pinhais, 45p. 1998.

TILLING, A. K.; O'LEARY, G. J.; FERWERDA, J. G.; JONES, S. D.; FITZGERALD, G. J.; RODRIGUEZ, D.; BELFORD, R. Remote sensing of nitrogen and water stress in wheat. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 77-85, 2007.

TORRECILLAS, A.; ALARCÓN, J. J.; DOMINGO, R.; PLANES, J.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. **Plant Science**, London, v. 118, n. 2, p. 135-143, 1996.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 2, p. 199-209, 2005.

TRANI, P. E.; KARIYA, E. A.; HANAI S. M.; ANBO R. H.; BASSETTO JÚNIOR, O. B.; PURQUERIO, L. F. V.; TRANI, A. L. **Calagem e adubação do tomate de mesa**. Boletim Técnico IAC, Campinas, n. 215, 2015.

VALENÇA, D. D. C.; CARVALHO, D. F. D.; REINERT, F.; AZEVEDO, R. A.; PINHO, C. F. D.; MEDICI, L. O. Automatically controlled deficit irrigation of lettuce in “organic potponics”. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 52-59, 2018.

VAN GENUCHTEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. [S.l.]**, J., 44: 892-898, 1980.

VAN GENUCHTEN, M. T.; SIMUNEK, J.; LEIJ, F. J. SEJNA, M. RETC version 6.02. Disponível em: <https://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc-downloads>. Acesso em 21 de jun de 2023.

VENTURA, K. M.; SANTOS, R. D. S.; PEREIRA, J. T. S.; GOMES, M. D. A.; SOUZA, M. H. C.; MÁXIMO, R.; ROMÁN, S. Avaliação de coeficientes de uniformidade de aplicação em mangueira gotejadora utilizando água residuária. In.: **Inovagri Meeting Virtual**. 2020.

VIEIRA, D. A. P.; CARDOSO, K. C. R.; DOURADO, K. K. F.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S. Qualidade física e química de mini-tomates Sweet Grape produzidos em cultivo orgânico e convencional. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 100-108, 2014.

VILELA, F. J. **Desenvolvimento de um condicionador de solos com valor agregado a partir da biomassa de *Magonia pubescens***. 91 p. 2017. Tese (Doutorado em Tecnologias Química e Biológica). Instituto de Química – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

VILJOEN, D. J. **Superabsorbent polymers in the forestry industry**. In: Commonwealth forestry conference. South Africa, 1977.

VINHA, A. F., ALVES, R. C., BARREIRA, S. V., CASTRO, A., COSTA, A. S., OLIVEIRA, M. B. P. Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. **LWT-Food Science and Technology**, [S.l.], v. 55, n. 1, p. 197-202, 2014.

WALKER, A. J.; HO, L. C. Carbon translocation in the tomato: Carbon import and fruit growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.41, p.813-823, 1977.

WANG, F.; KANG, S.; DU, T.; LI, F.; QIU, R. Determination of comprehensive quality index for tomato a its response to different irrigation treatments. **Agricultural Water Mangament**, [S.l.], v. 98, n. 8, p. 1228–1238, 2011.

WANG, Y. T.; BOOGHER, C. A. effect of a mediumincorporatel hydrogel on plant growth and water use of two foliage species. **Journal of Environment Horticulture**, Washington, v.5, n.3, p.125-127, 1987.

WANG, Y.; LIU, F.; JENSEN, L. S.; NEERGAARD, A.; JENSEN, C. R. Alternate partial root-zone irrigation improves fertilizer-N use efficiency in tomatoes. **Irrigation science**, [S.l.], v. 31, p. 589-598, 2013.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas: temas de biologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 101p. 1982.

WILLINGHAM JÚNIOR, J. E.; COFFEY, D. L. Influence of hydrophilic amended soil on growth of tomato transplants. **Horticulture Science**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 289, 1981.

WILSON, J. W.; HAND, D. W.; HANNAH, M. A. Light interception and photosynthetic efficiency in some glasshouse crops. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.43, n.248, p.363-373, 1992.

WINTERHALTER, L.; MISTELE, B.; JAMPATONG, S.; SCHMIDHALTER, U. High throughput phenotyping of canopy water mass and canopy temperature in wellwatered and drought stressed tropical maize hybrids in the vegetative stage. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 22-32, 2011.

XU, H. L.; QIN, F.; XU, Q.; TAN, J.; LIU, G. Applications of xerophytophysiology in plant production—the potato crop improved by partial root zone drying of early season but not whole season. **Sci Hortic**, [S.l.], v. 129, p. 528–534, 2011.

YANG, H.; CAO, H.; HAO, X.; GUO, L.; LI, H.; WU, X. Evaluation of tomato fruit quality response to water and nitrogen management under alternate partial root-zone irrigation. **Int J Agric & Biol Eng**, Pequim, v. 10, n. 5, p. 85–94, 2017.

ZHANG, H.; OWEIS, T. Water–yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. **Agricultural water management**, Amsterdã, v. 38, n. 3, p. 195-211, 1999.

ZHANG, Z.; LIU, L.; ZHANG, M.; ZHANG, Y.; WANG, Q. Effect of carbon dioxide enrichment on health- promoting compounds and organoleptic properties of tomato fruit grown in greenhouse. **Food Chemistry**, Norwich, 153, p. 157–163, 2014.

ZWART, S. J.; BASTIAANSEN, W. G. M.; FRAITURE, C. MOLDEN, D. J. A global benchmark map of water productivity for rainfed and irrigated wheat. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v.97, p.1617-1627, 2010.