

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE DOUTORADO**

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA NO CULTIVO DO  
MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES FORMAS DE PROPAGAÇÃO E MANEJO DA  
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

**Lúcio Aderito dos Anjos Veimrober Júnior**

**CRUZ DAS ALMAS - BA  
2021**

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA NO CULTIVO DO  
MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES FORMAS DE PROPAGAÇÃO E MANEJO DA  
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

**Lúcio Aderito dos Anjos Veimrober Júnior**

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008

Mestre em Engenharia Agrícola

Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola (Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos)

**Orientador:** Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva

**Co-orientador:** Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

CRUZ DAS ALMAS – BA

2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

V427e	<p>Veimrober Júnior, Lúcio Aderito dos Anjos. Eficiência do uso da água e qualidade pós-colheita no cultivo do maracujazeiro sob diferentes formas de propagação e manejo da irrigação por gotejamento / Lúcio Aderito dos Anjos Veimrober Júnior._ Cruz das Almas, Bahia, 2021. 107f.; il.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Engenharia Agrícola. Orientador: Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva. Coorientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi.</p> <p>1.Maracujá – Cultivo. 2.Maracujá – Irrigação por gotejamento. 3.Produção agrícola – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 634.425</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.  
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).  
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE DOUTORADO**

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA NO CULTIVO DO  
MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES FORMAS DE PROPAGAÇÃO E MANEJO DA  
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

**Comissão Examinadora da Defesa de Tese de  
Lucio Aderito dos Anjos Veimrober Junior**

Data de defesa: 26 de agosto de 2021

Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(Orientador)

Prof. Dr. Delfran dos Santos Batista  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano  
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Francisco Ramon Alves do Nascimento  
Universidade Federal da Bahia - UFBA  
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Lucas Melo Vellame  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Maurício Antônio Coelho Filho  
EMBRAPA-Mandioca e Fruticultura  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
(Examinador Interno)

*“Não há saber mais ou saber menos. Há saberes diferentes.”*

**Paulo Freire**

*“Só se vê bem com o coração, o essencial é invisível aos olhos.”*

**Antoine de Saint-Exupéry**

## **DEDICATÓRIA**

A Deus, presença viva em todos os momentos. **Gratidão**

A minha família fonte de inspiração e amor, minha esposa Laíse,  
minhas filhas Amanda Lis e Maria Alice. O caminhar  
fica mais leve com vocês!

**Dedico**

Aos meus pais Lúcio Veimrober e Eliane Motta, meus  
irmãos Marcelo, Márcio, Vanessa, Vitor e Neidinha pelo  
amor e incentivo.

**Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFRB) e o Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) pela oportunidade ofertada.

Aos Professores Drs. Alisson Jadavi Pereira da Silva e Hans Raj Gheyi pela paciência, orientação, conselhos e sobretudo pela amizade.

À educação pública financiada pelo povo brasileiro que possibilitou a execução desse trabalho científico, a quem devo retribuir com afinco no desenvolvimento educacional.

À Delfran dos Santos Batista (IF Baiano) e Dr. Eugênio Ferreira Coelho (Embrapa) por oportunizar a iniciação científica em minha trajetória profissional, e principalmente pela amizade.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) por ter concedido afastamento da função de professor do campus Seabra e aos colegas que assumiram minha carga horária para realização desse estudo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) por ter ofertado bolsas de estudos ao IFBA por meio do Programa Prodoutoral, que após processo seletivo fui contemplado.

A todos os (as) pós-graduandos (as) da PPGEA/UFRB, em especial amizade: Robertinho, Francisco Airdesson, Fábio Tayrone, Lucas Batista, Neilon, Peterson, Lenilson, Damiana, Iumi, Ancelmo, Juliana Sanchez, Gisele, Danívio e Ednaldo.

Ao professores Drs. Lucas Mello Velame, Mairton Gomes e Maurício Antônio Coelho Filho (Embrapa) pelas sugestões valiosas, parceria e sobretudo pela amizade.

Aos graduandos em Agronomia: Ubirani, Delfino, Bruno, Lara, João e Juan pelas contribuições em campo.

Ao colaborador Edilson (Boi) pelo apoio, presteza e sobretudo pela amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRB pelos conhecimentos e aprendizados compartilhados.

E a todos (as) que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização dessa tese.

## EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA NO CULTIVO DO MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES FORMAS DE PROPAGAÇÃO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

**RESUMO:** Reduzir o consumo hídrico com aumento da produtividade das culturas é desafio atual nas ciências agrárias. Não obstante, como maior usuária da água doce no mundo, a agricultura irrigada tem sido pressionada a obter melhores índices de eficiência. Nesse sentido, se buscam técnicas que viabilizem o manejo sustentável da água na irrigação fornecendo informações que subsidiem a gestão integrada do ciclo da água tanto em termos de eficiência ambiental como na redução de custos. Objetivou-se avaliar a produtividade, a eficiência de uso da água e a qualidade físico-química dos frutos do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims, 'BRS Gigante Amarelo') propagado por semente e estaquia sob diferentes estratégias de manejo de irrigação. Investigou-se o manejo de irrigação via sensoriamento da água no solo, variando-se os limites críticos superiores de potencial de água no solo utilizados como referência para o cálculo do volume de água a ser aplicado na irrigação por gotejamento em frequência fixa. O experimento foi realizado em casa de vegetação. O maracujazeiro foi cultivado em tanques de cultivo, cada um com área superficial de 1,44 m<sup>2</sup> e altura da 0,6 m, preenchidos com solo de textura franco-arenosa. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4: duas formas de propagação vegetativa (semente e estaquia) e quatro faixas de limites críticos superiores de potencial de água no solo utilizados para o cálculo do volume de água a ser aplicado na irrigação por gotejamento em frequência fixa: (-6, -10, -20 e -33 kPa), com quatro repetições. As propriedades hidráulicas do solo foram obtidas por meio de modelagem inversa com Hydrus – 1D e o monitoramento da água no solo foi realizado com uso de Time Domain Reflectometry – TDR. Foram avaliados produtividade de frutos, eficiência do uso da água, massa fresca do fruto, comprimento (C) e diâmetro (D) do fruto, razão C/D do fruto, rendimento da polpa do fruto, espessura da casca, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), razão entre SST/ATT e pH da polpa. As diferentes formas de propagações vegetativas não afetaram a produtividade e a eficiência de uso da água. Os critérios de manejo de irrigação investigados causaram efeito sobre a produtividade, eficiência de uso da água, espessura da casca e massa fresca do fruto. As formas de propagação afetaram as principais variáveis da qualidade física dos frutos do maracujazeiro. A qualidade química da polpa dos frutos do maracujazeiro não foi afetada pelos fatores em estudo.

**Palavras-chave:** *Passiflora edulis* Sims; produtividade da água; potencial matricial.

## **EFFICIENCY OF WATER USE AND POST-HARVEST QUALITY IN PASSION FRUIT UNDER DIFFERENT FORMS OF PROPAGATION AND DRIP IRRIGATION MANAGEMENT**

**ABSTRACT:** Reducing water consumption with increased crop productivity is a current challenge in agricultural sciences. However, as the largest user of fresh water in the world, irrigated agriculture has been pressured to obtain better efficiency indices. In this sense, techniques are sought that enable the sustainable management of water in irrigation, providing information that supports the integrated management of the water cycle both in terms of environmental efficiency and cost reduction. The aim of this study was to evaluate the productivity, water use efficiency and physicochemical quality of fruits of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims, 'BRS Gigante Amarelo') propagated by seed and cuttings under different irrigation management strategies. Irrigation management via soil water sensing was investigated, varying the upper critical limits of soil water potential used as a reference for calculating the volume of water to be applied in drip irrigation at a fixed frequency. The experiment was carried out in a greenhouse. The passion fruit was cultivated in drainage lysimeters, each one with a surface area of 1.44 m<sup>2</sup> and height of 0.6 m, filled with a sandy loam soil. The experimental design was completely randomized in a 2 x 4 factorial scheme: two forms of vegetative propagation (seed and cutting) and four upper critical limits range of soil water potential used to calculate the volume of water to be applied in irrigation by drip at fixed frequency: (-6, -10, -20 and -33 kPa), with four replicates. Soil hydraulic properties were obtained through inverse modeling with Hydrus – 1D and soil water monitoring was performed using Time Domain Reflectometry – TDR. Fruit yield, water use efficiency, fresh fruit weight, fruit length (L) and fruit diameter (D), fruit L/D ratio, fruit pulp yield, skin thickness, total soluble solids were evaluated (TSS), total titratable acidity (TTA), ratio between TSS/TTA and pulp pH. The different forms of vegetative propagation did not affect productivity and water use efficiency. The investigated irrigation management criteria had an effect on yield, water use efficiency, peel thickness and fresh fruit weight. The forms of propagation affected the main physical quality variables of the passion fruit. The chemical quality of the passion fruit pulp was not affected by the factors under study.

**Keywords:** *Passiflora edulis*; water productivity, matric potential.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ATT-Acidez total titulável

CC-Capacidade de campo

CF-Comprimento do fruto

CUC-Coeficiente de uniformidade de Christiansen

DF-Diâmetro do fruto

ETc-Evapotranspiração da cultura

ETo-Evapotranspiração de referência

EUA-Eficiência de uso da água

ECF-Espessura da casca do fruto

FP-Formas de propagação

LC-Limites críticos

LI-Limite crítico inferior

LS-Limite crítico superior

MFF-Massa fresca do fruto

MFPF-Massa fresca da polpa do fruto

NFH-Número de frutos por hectare

NFP-Número de frutos por planta

PFH-Produtividade de frutos por hectare

PFP-Produção de frutos por planta

PM-Potencial matricial de água no solo

PMP-Ponto de Murcha Permanente

RPF-Rendimento da polpa do fruto

SST-Sólidos Solúveis Totais

TDR-*Time Domain Reflectometry*: Reflectometria no Domínio do Tempo

VAP-Volume total de água aplicada

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1.** Desenho experimental (A), plantas aos 50 (B), 100 (C) e 500 dias após o transplântio (DAT).....38
- Figura 2.** Curva de retenção de água no solo - relação entre o conteúdo de água ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e o potencial matricial de água (kPa) obtida via modelagem inversa.....40
- Figura 3.** Desenho esquemático bidimensional representando o monitoramento contínuo da umidade do solo.....42
- Figura 4.** Relação entre os valores da constante dielétrica aparente ( $k_a$ ) e o teor de água no solo ( $\theta$ ) obtidos a partir de sondas TDR. ....42
- Figura 5.** Variação do conteúdo de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) do maracujazeiro-amarelo propagado por semente (S) e estaquia (E) submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial matricial de água no solo (-6, -10, -20 e -33 kPa) durante 10 intervalos de irrigações no período de floração-frutificação.....44
- Figura 6.** Variação do conteúdo de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) do maracujazeiro-amarelo propagado por estaquia (E) submetido a limite crítico superior de potencial matricial de água no solo de -10 kPa) durante 10 intervalos de irrigações no período de floração-frutificação.....45
- Figura 7.** Lâmina de água aplicada no cultivo do maracujazeiro propagado por estaquia (E) e por sementes (S) submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo.....47
- Figura 8.** Volume de água aplicado por planta no cultivo do maracujazeiro propagado por estaquia e por sementes submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo. ....48
- Figura 9.** Número de frutos por planta -NFP (A) e por hectare – NFH (B), produtividade de frutos por planta – PFP (C) e por hectare – PFH (D) do maracujazeiro propagado por estaquia e sementes e submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo....53
- Figura 10.** Eficiência do uso da água em função da produtividade dos frutos inteiros -  $\text{EUA}_f$  (A) e em função da polpa dos frutos –  $\text{EUA}_p$  (B) do maracujazeiro propagado por estaquia e sementes e submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo.....55
- Figura 11.** Relação entre os fatores de esgotamento médio de água no solo (“f”, adimensional) e os limites críticos superiores de potenciais matriciais de água no solo submetidos no maracujazeiro propagado por estaquia e sementes.....56

## Capítulo 2

<b>Figura 1.</b> Distribuição dos tratamentos na área experimental (A), plantas aos 50 (B), 100 (C) e 500 dias após o transplântio (DAT).....	70
<b>Figura 2.</b> Desenho esquemático bidimensional representando o monitoramento contínuo da umidade do solo.....	72
<b>Figura 3.</b> Relação entre a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e a constante dielétrica ( $k_a$ ) obtidas nas sondas de TDR.....	73
<b>Figura 4.</b> Diâmetro do fruto – DF (A), comprimento do fruto – CF (B) e razão CF/DF (C) do maracujazeiro cultivado sob diferentes potenciais de água no solo; desdobramento da interação entre as formas de propagação e os potenciais de água no solo para a espessura da casca do fruto – ECF (D).....	77
<b>Figura 5.</b> Massa fresca do fruto – MFF (A) e rendimento da polpa do fruto – RPF (C) do maracujazeiro cultivado sob diferentes potenciais de água no solo; desdobramento da interação entre as formas de propagação e os potenciais de água no solo para a massa fresca da polpa do fruto – MFPP (B).....	78

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

- Tabela 1.** Parâmetros hidráulicos do solo obtido por modelagem inversa.....41
- Tabela 2.** Conteúdos de água no solo correspondentes a cada limite crítico superior de potencial matricial utilizado.....41
- Tabela 3.** Médias dos limites críticos (LC), superiores (LS) e inferiores (LI) do conteúdo de água no solo ( $\theta$ ,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) para o maracujazeiro cultivado sob diferentes formas de propagação (estacas e sementes) e potenciais matriciais de água no solo (PM).....49
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, do número de frutos por planta (NFP) e por hectare (NFH), produtividade de frutos por planta (PFP, kg) e por hectare (PFH,  $\text{t ha}^{-1}$ ), eficiência do uso da água em função dos frutos ( $\text{EUA}_f$ ,  $\text{kg m}^{-3}$ ) e em função da polpa dos frutos ( $\text{EUA}_p$ ,  $\text{kg m}^{-3}$ ) do maracujazeiro oriundo de duas formas de propagação (FP) e submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo (LS).....51

### Capítulo 2

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância e médias para o diâmetro do fruto (DF, mm), comprimento do fruto (CF, mm), razão CF/DF, espessura da casca do fruto (ECF, mm), massa fresca do fruto (MFF, g), massa fresca da polpa do fruto (MFPP, g) e rendimento da polpa do fruto (RPF, %) do maracujazeiro oriundo de duas formas de propagação (FP) e cultivado sob diferentes potenciais matriciais de água no solo (PM).....76
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os sólidos solúveis totais (SST, °Brix), acidez total titulável (ATT), razão SST/ATT e pH da polpa do maracujazeiro oriundo de duas formas de propagação (FP) e cultivado sob diferentes potenciais de água no solo (PM).....79

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Cultura do maracujazeiro-amarelo .....	3
1.2.2 Propagação vegetativa do maracujazeiro .....	5
1.2.3 Qualidade pós-colheita de frutos do maracujazeiro.....	6
1.2.4 Eficiência do uso da água .....	7
1.2.5 Manejo da Irrigação .....	9
1.2.6 Limites críticos de potencial de água do solo: diferentes abordagens .....	11
1.2.7 REFERÊNCIAS .....	14
<b>2. CAPÍTULO I – EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES FORMAS DE PROPAGAÇÃO E CRITÉRIOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....</b>	<b>32</b>
2.1 RESUMO.....	33
2.2 ABSTRACT.....	34
2.3 INTRODUÇÃO.....	35
2.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	37
2.4.1 Campo experimental .....	37
2.4.2 Manejo da irrigação .....	41
2.4.3 Variáveis avaliadas.....	46
2.4.4 Análise estatística.....	46
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
2.6 CONCLUSÕES .....	57
2.7 AGRADECIMENTOS .....	57
2.8 REFERÊNCIAS .....	58
<b>3. CAPÍTULO II- QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE MARACUJAZEIRO EM FUNÇÃO DAS FORMAS DE PROPAGAÇÃO E POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO .....</b>	<b>65</b>
3.1 RESUMO.....	66
3.2 ABSTRACT.....	66
3.3 INTRODUÇÃO.....	67
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	69
3.4.1 Material vegetal, delineamento e condições experimentais.....	69
3.4.2 Histórico da área experimental .....	71
3.4.3 Condução da cultura e manejo da irrigação.....	72
3.4.4 Variáveis avaliadas.....	74
3.4.5 Análise estatística.....	75
3.5 RESULTADOS .....	75
3.5.1 Análise física dos frutos.....	75
3.5.2 Qualidade química dos frutos .....	78
3.6 DISCUSSÃO.....	79
3.6.1 Análise física dos frutos.....	80
3.6.2 Qualidade química dos frutos .....	82
3.7 CONCLUSÕES .....	83
3.8 AGRADECIMENTOS .....	84
3.9 REFERÊNCIAS .....	84

<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>91</b>
-------------------------------------	-----------

## **1. INTRODUÇÃO GERAL**

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A ascensão do consumo hídrico tem conduzido a comunidade científica a elaborar ferramentas que permitam melhor compreender o uso da água em eficiência ambiental e produtiva. É fato que, dentre os fatores intrínsecos a planta, a elevação da produtividade está relacionada diretamente ao suprimento hídrico correto.

Fazer o elo entre produzir mais alimentos e reduzir consumo hídrico requer conhecer a real necessidade de uso da água pelas culturas. Para isso, a utilização de tecnologias que monitorem variáveis dos processos hidrodinâmicos envolvidos é indispensável.

Nesse aspecto, a adequada tomada de decisão no manejo da água de irrigação, que garanta boa qualidade e produtividade das culturas, deve ser feita com critérios técnicos. Para isso, são utilizados diferentes métodos de manejo da irrigação via solo, planta e/ou clima.

Um dos métodos mais usuais no manejo da irrigação é o monitoramento do potencial matricial, que quando relacionado ao teor de umidade do solo por meio da curva de retenção, permite a determinação do momento e lâmina de irrigação. Neste caso, torna-se necessário o conhecimento da distribuição de raízes, do bulbo molhado (no caso de irrigação localizada) e dos limites críticos de potencial matricial (referências para o correto momento de ligar/desligar um sistema ou setor de irrigação). Tais limites podem variar em função das características do solo e da planta. Geralmente, o limite crítico superior é associado ao conceito de “capacidade de campo”, que em teoria permite que a irrigação seja aplicada sem percolação excessiva. Porém, valores estáticos têm sido utilizados com frequência em referência à capacidade de campo: -33 kPa, -10 kPa, ou -6 kPa. Tais valores não cumprem fisicamente com um critério de drenagem e podem não ser confiáveis para um preciso manejo de irrigação.

Especialmente para uso da irrigação automatizada e em agricultura de precisão, os dados obtidos tipicamente via capacidade de campo como conceito estático podem representar perdas expressivas de produtividade com consideráveis perdas por percolação. Para evitar tais perdas, pode-se determinar valores de limites críticos de potencial matricial de água no solo levando em consideração a dinâmica espaço-temporal dos processos hidrodinâmicos em função de características do solo e da planta. Portanto, podem contribuir para melhor desempenho produtivo com menor uso de água, refinando assim o manejo da irrigação das culturas.

A determinação experimental dos limites críticos de potencial matricial de água no solo para o maracujazeiro é necessária, pois trata-se de uma cultura de grande importância socioeconômica. A utilização de valores de referência que indiquem o momento de ligar ou desligar um sistema de bombeamento ou setor de irrigação é de interesse especial para os

produtores da fruteira, pois pequenas reduções nos clássicos valores críticos superiores podem representar maior produtividade com redução do uso da água.

O maracujazeiro tem expressiva importância na produção frutícola brasileira trazendo rentabilidade no meio rural para a agricultura empresarial e principalmente para a agricultura familiar. Possui grande valor agroindustrial na produção de sucos, polpas, doces, geleias, compotas e cosméticos. Entretanto, por conta do manejo inadequado dos pomares, a produtividade atual encontra-se abaixo do seu máximo potencial produtivo. Justificando assim a busca por melhoria nos critérios de manejo, como os aplicados na irrigação e nas formas de propagação vegetal da cultura.

Existem lacunas em pesquisas relacionando formas de propagação do maracujazeiro com manejo da irrigação, i.e., a literatura científica aborda que geralmente plantas originárias de propagação assexuada (estaquia e enxertia) são utilizadas, dentre outras possibilidades, para obter ganhos em produtividade e, em alguns casos, para elevar a resistência a reduzida disponibilidade de água no solo. Para o maracujazeiro amarelo isso não está bem esclarecido.

Diante do exposto o presente estudo teve por objetivo geral verificar como o tipo de propagação e o manejo de irrigação baseado em diferentes limites críticos superiores de potencial matricial de água no solo influenciam a eficiência do uso da água, a produtividade e a qualidade físico-química dos frutos do maracujazeiro. Os objetivos específicos desse estudo foram: I- obter faixa de potencial matricial e fator de depleção de água que indiquem melhor eficiência do uso da água no cultivo do maracujazeiro irrigado por gotejamento; II- avaliar a produtividade e a qualidade de frutos do maracujazeiro sob diferentes estratégias de manejo da irrigação e formas de propagação. As hipóteses foram: 1- Os limites críticos de potencial matricial adotados no manejo de irrigação podem ser reduzidos sem necessariamente reduzir a produção e a qualidade dos frutos do maracujazeiro; 2- Os diferentes limites críticos de potencial matricial adotados no manejo de irrigação e as formas de propagação influenciam a produtividade e a eficiência do uso da água do maracujazeiro. 3- Plantas propagadas por estaquia apresentam melhor desempenho produtivo na passicultura irrigada.

## **1.2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.2.1 CULTURA DO MARACUJAZEIRO-AMARELO**

O maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) é uma cultura comercial com elevado potencial de produtividade de frutos, se bem manejado pode chegar entre 30 e 70 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

(NOGUEIRA, 2016; SOUZA et al., 2018). Essa espécie está presente em 90% dos pomares do gênero *Passiflora* do Brasil (SILVA et al., 2020). E mesmo sendo o principal produtor da fruta, respondendo por 75% da produção mundial (REIS et al., 2018), o país apresentou taxas reduzidas de produtividade com média anual de 14 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2019). E isso se deve ao manejo inadequado da cultura, por falta de controle fitossanitário, adubação, calagem, polinização, podas de condução, utilização de sementes ou mudas de baixa qualidade e déficit hídrico (CAVICHIOLO et al., 2019; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016).

Além de ser o maior produtor, o Brasil é também o maior consumidor mundial de maracujá. Com cerca de 600.000 toneladas produzidas ao ano e valores de produção próximos a R\$ 1 bilhão (IBGE, 2019; TRIPATHI, 2018), a cultura destaca-se popularmente como importante fruteira apreciada na produção de sucos e doces, além do uso como fármacos. A produção é praticamente toda direcionada ao consumo interno, comercializadas em feiras livres, quitandas ou sacolões, mercearias e mercados, sendo consumidas 60% de toda produção *in natura* e os 40% restantes são destinados a indústria de processamento de polpas e sucos (MOREIRA et al., 2012; CAVICHIOLO, 2019).

Originário da América tropical e pertencente à família Passifloraceae, o gênero *Passiflora* possui mais de 200 espécies catalogadas no Brasil, entretanto se destaca em importância econômica o maracujazeiro-amarelo ou azedo (*Passiflora edulis* Sims.), representando 97% da área plantada e volume comercializado (SILVA et al., 2008; BARROS et al., 2013). O valor econômico da cultura está intrinsecamente associado à sua produtividade, vigor, rendimento de suco e teor de acidez (PIRES et al., 2011).

A fruteira possui relevante importância na geração de emprego e renda do país, visto que é uma fruta altamente comercializável e apresenta demanda de consumo constante. Estima-se que a cada hectare de cultivo do maracujazeiro, gera-se de 3 a 4 empregos diretos e 8 a 9 indiretos, nos diferentes elos da cadeia produtiva (CAVICHIOLO, 2019).

Nesse aspecto, a agricultura familiar tem tido papel importante na expansão comercial das lavouras da cultura. Geralmente cultivado por pequenos e médios agricultores, a produção do maracujazeiro pode fomentar a agricultura familiar pela diversificação produtiva e elevação da renda (BEZERRA et al., 2017), trazendo impactos positivos muitas vezes subestimados, como a fixação de mão de obra no campo, redução do êxodo rural e melhoria de qualidade de vida dos camponeses.

A maior parte da produção do maracujazeiro-amarelo encontra-se na região nordeste do país, representando 65% da produção nacional com aproximadamente 383.000 toneladas por ano, sendo o estado da Bahia o maior produtor de maracujá do Brasil com cerca de 30% de toda

produção do país, equivalente a 169.000 toneladas por ano (IBGE, 2019). Esses valores produtivos da região nordeste podem ser explicados, em cultivo irrigado, pelas condições climáticas favoráveis, como luminosidade e temperatura elevadas e reduzida umidade relativa do ar média (VIDAL, 2018).

A continuidade e expansão dos cultivos irrigados do maracujazeiro depende da geração de técnicas e tecnologias adequadas, que permitam elevar a produtividade e a rentabilidade das lavouras. Dentre essas técnicas, destacam-se a possibilidade de implantação de manejo da irrigação com monitoramento das variáveis do solo, planta e/ou clima. Geralmente os cultivos agrícolas irrigados no Brasil, quando bem manejados possibilitam produtividades de ao menos 2,7 vezes maior que as obtidas no cultivo em sequeiro (FAO, 2017). Em um estudo com maracujazeiro irrigado por gotejamento houve incremento da produtividade em aproximadamente 36% (SOUSA et al., 2011).

### **1.2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DO MARACUJAZEIRO**

Para formação de pomares comerciais de fruteiras com garantia da manutenção das características agronômicas e com similares necessidades climáticas, edáficas, nutricionais e de manejo, é muito importante a utilização da propagação vegetativa (reprodução assexuada) (FRANZON et al., 2010).

A propagação de plantas do maracujazeiro pode ser realizada sexuadamente via sementes e assexuadamente por enxertia e estaquia, além da técnica de culturas de tecidos (micropropagação). Entretanto para implantação da cultura em pomares com qualidade, maior vigor e uniformidade têm sido recomendadas as técnicas da estaquia (HUH et al., 2017) e enxertia (REZENDE et al., 2017).

Por conta dos baixos custos, em escala comercial a forma de propagação do maracujazeiro mais utilizada é via sexuada (SALOMÃO et al., 2002). Essa forma de reprodução por ter elevada variabilidade genética incide, a curto prazo, em heterogeneidade na produção de mudas e, a longo prazo, em irregularidades na produtividade e na qualidade dos frutos.

Agricultores têm buscado plantas mais resistentes a doenças do solo e patógenos, com uniformidade e maiores índices produtivos, adaptadas ao déficit hídrico e a salinidade, que possibilitem produção de frutos com maior qualidade. A geração de clones idênticos a planta matriz com atributos agrícolas desejáveis impulsiona essa busca. O que implica em tendência de aumento do uso da reprodução assexuada para o maracujazeiro.

O método de estaquia se refere ao particionamento da planta matriz (adulto) utilizando o processo vegetativo natural (ou induzido por hormônios) de regeneração de tecidos e consequente emissão de raízes para obtenção de nova planta (LIMA et al., 2011). Consolidada ferramenta de produção de mudas de maracujazeiro (VIANA et al., 2019), essa técnica tem sido bastante utilizada em programas de melhoramento genético da fruteira para fixação de genótipos, visto que é impossível manter a progênie via sementes devido a segregação das características desejáveis (JESUS et al., 2018).

O método da estaquia possui reduzida necessidade de mão de obra quando comparado a outras técnicas de reprodução assexuada. Atrelada a isso, a possibilidade de obtenção de plantas com maior produtividade e em menor tempo em relação a outros métodos posiciona a estaquia como destaque. Junqueira et al. (2006) avaliaram a produtividade de um clone de maracujazeiro propagado por estacas, enxertia e sementes, concluíram que as plantas reproduzidas via estacas apresentaram o dobro de produtividade comparativamente às demais.

Apesar do desenvolvimento de pesquisas com utilização do maracujazeiro propagado por estaquia, não há na literatura estudos que relacionem formas de propagação e manejo da irrigação via limites críticos de potencial de água no solo. Além disso não há informações específicas nessa temática para a cultivar ‘BRS Gigante Amarelo’.

### **1.2.3 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO MARACUJAZEIRO**

A exigência dos consumidores por frutos de melhor qualidade requer dos passicultores o conhecimento dos atributos qualitativos ideais. Seja para consumo *in natura* ou para processamento agroindustrial existem características físico-químicas a serem alcançadas. Assim, frutos de qualidade devem ter características internas e externas que atendam os distintos mercados.

Frutos maiores, de melhor aparência (cor, peso, sem defeitos), pouco ácidos e mais doces são preferência das pessoas que consomem o fruto *in natura* (AGUIAR et al., 2015). Certamente, para os consumidores, a qualidade dos frutos é avaliada principalmente pela aparência (KRAUSE et al., 2012). Frutos com elevada espessura da casca e reduzido conteúdo de polpa (endocarpo) não são bem aceitos para venda direta ao consumidor.

Para a indústria, como padrão de qualidade do suco de maracujá é exigido que o conteúdo líquido apresente valores de sólidos solúveis totais (SST) maiores ou iguais a 11,0 °Brix, pH mínimo de 2,7 e acidez total titulável (ATT) mínima de 2,5% e no máximo 18% em açúcares totais (BRASIL, 2018). Os frutos devem apresentar, prioritariamente, alto rendimento

de polpa e elevados teores de SST e ATT (BRUCKNER et al., 2002). Desta forma, a avaliação dos atributos físico-químicos é importante no processo de comercialização e beneficiamento dos frutos do maracujazeiro.

A pós-colheita de frutos do maracujazeiro é dada a partir da abscisão até a venda ao consumidor e sofre influência direta do ponto colheita e do estágio de maturação (BOTELHO et al., 2019). Há diferentes pesquisas nesse sentido, no estudo de Lagat et al. (2018), a qualidade dos frutos foi alterada pelo manejo pós-colheita via estágios de maturação e presença ou ausência de pedúnculos dos frutos. Bragança (2021) avaliou diferentes revestimentos para conservação dos frutos do maracujazeiro obtendo mudanças qualitativas nos frutos conforme fontes de variações.

Embora haja influência direta das condições pós-colheita dos frutos do maracujazeiro, formas de manejo no decorrer do cultivo podem induzir em mudanças dos atributos qualitativos dos frutos, i.e., maracujazeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação, adubações orgânica e fosfatada (MEDEIROS et al., 2020), efeito da irrigação e plantio profundo de mudas em sistema orgânico (FRANCISCO et al., 2020), efeitos da densidade de plantio e poda da haste principal do maracujazeiro irrigado com água salina (MORAIS et al., 2020), plantio irrigado sob influência de doses de N e K de diferentes cultivares de maracujazeiro (DIAS et al., 2017), dentre outros.

Estudos em melhoramento de plantas do maracujazeiro visam selecionar variedades mais promissoras na manutenção dos atributos de boa qualidade dos frutos. Nesse sentido estudos têm sido realizados utilizando técnicas de propagação vegetativa, como a enxertia e estaquia para responder ao aumento da homogeneidade dos caracteres desejados (CAVICHOLI et al., 2017; CAVICHOLI et al., 2020; JESUS et al., 2018).

#### **1.2.4 EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA**

O uso racional da água na agricultura pode ser estimado por diferentes indicadores. Os mais usuais estão relacionados a produtividade da água, também considerada como eficiência de uso da água (EUA), que está atrelada a demanda efetiva de água para produção de biomassa, ou seja, relaciona a massa vegetal produzida por volume de água aplicado via irrigação ( $\text{g L}^{-1}$ ;  $\text{kg m}^{-3}$ ). A EUA também pode se referir a valores de rendimento econômico da produção por unidade de recurso hídrico (CAI et al., 2011; GAO et al., 2018; ZHOU et al., 2021); e eficiência do uso da água de irrigação (EUAI, adimensional) que hidraulicamente relaciona a água efetivamente consumida pelas plantas e o volume de água aplicado (EZENNE et al., 2019).

No presente estudo, destacamos a eficiência do uso da água, como a proporção entre a produtividade das lavouras com o volume de água aplicado às culturas no contínuo solo-planta-atmosfera. A otimização desta relação visa fornecer água no volume suficiente para máxima produção.

Lavouras irrigadas são principais consumidoras de água doce no Brasil e no mundo, e a ampliação das áreas irrigadas já é uma constante preocupação (ANA, 2019; BORGHETTI et al., 2017), devido ao aumento da demanda por alimentos desencadeada pelo crescimento populacional (FAO, 2018). Tornar a agricultura irrigada mais sustentável exige gestão de recursos hídricos, manejo adequado da água de irrigação, melhoria das condições estruturais dos sistemas de irrigação e otimização da EUA (COELHO et al., 2005).

É fundamental elevar a EUA para redução de riscos à escassez hídrica e garantir segurança alimentar às populações, especialmente em regiões áridas e semiáridas. No mundo, a disponibilidade de água para agricultura está cada vez menor (SUN et al., 2017).

Dentre os fatores que reduzem a produtividade das culturas, a baixa disponibilidade de água é o mais importante para as funções vitais das plantas. A sensibilidade das plantas ao déficit hídrico possivelmente foi reconhecida muito antes dos humanos iniciarem o cultivo de plantas (SINCLAIR, 2020). Cerca de 40% das perdas das lavouras no mundo estão relacionadas ao stress hídrico das culturas (LOZANO-MONTAÑA et al., 2021).

Com a pressão da agricultura irrigada sobre os recursos hídricos em todo planeta é imperativo que pesquisas elucidem a eficiência das relações da produção agrícola com o uso de água doce nos cultivos. Nesse sentido, foram realizados estudos que estimaram a EUA em diferentes culturas, por exemplo, olerícolas (LIU et al., 2020; ABDELKHALIK et al., 2020; HAGHVERDI et al., 2017; FIRISSA et al., 2019), banana (BEZERRA et al., 2017; COELHO et al., 2015; COSTA et al., 2012), melancia (OLIVEIRA et al., 2012; SARAIVA et al., 2018), melão (SOUSA et al., 2000), cana-de-açúcar (SILVA et al., 2011), soja (BRYANT et al., 2017; FAN et al., 2018), trigo (RADY et al., 2021), milho (HUSSAIN et al., 2020; YANG et al., 2018), sorgo (KIRCHNER et al., 2019), batata-doce (MANTOVANI et al., 2013; DELAZARI et al., 2017), grão-de-bico (PENDERGAST et al., 2019), dentre outras.

Por ser reduzida a quantidade de pesquisas que abordam as relações hídricas do maracujazeiro (CARR, 2013), existem imprecisões sobre o manejo da irrigação na cultura (KOETZ et al., 2013), sobretudo em zonas de baixa disponibilidade de água. Assim, estudos que avaliam o comportamento do maracujazeiro a diferentes faixas de potenciais de água no solo podem colaborar para o entendimento dos mecanismos de tolerância ao stress hídrico, visando a seleção de plantas com maior eficiência de uso da água (SOUZA et al., 2018).

### 1.2.5 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Obter produtividades elevadas e com qualidade na produção é objetivo de todo produtor rural. Plantios em condições de sequeiro são vulneráveis às instabilidades climáticas o que possibilita incertezas no processo produtivo da lavoura. Condições adequadas de umidade do solo representam melhor desenvolvimento da cultura, o que normalmente requer reposição de água ao solo via irrigação, no volume e momento corretos. Tais definições exigem monitoramento dos parâmetros relacionados à planta, ao clima e/ou ao solo favorecendo o uso racional da água na irrigação. Assim, estratégias efetivas de manejo da irrigação despontam, por meio do uso de tecnologias, como uma alternativa ao pleno desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável.

Reconhecidamente como um setor de alta dependência no uso da água doce, sendo maior consumidora do mundo, a agricultura irrigada tem sido pressionada a reduzir o consumo hídrico nas lavouras (MORILLO et al., 2015; UNESCO, 2018). Ademais, a maioria dos produtores tendem ainda a acreditar que melhores rendimentos são alcançados pela aplicação de água em abundância, sendo que ao adicionar água além dos níveis ideais, podem desperdiçá-la e até mesmo reduzir a produtividade da lavoura (EL BAKI et al., 2018).

Em geral, a eficiência da irrigação é muito baixa, já que menos de 65% da água aplicada é realmente usada pelas culturas (CHARTZOULAKIS & BERTAKI, 2015). Não obstante, à luz do crescimento populacional, das projeções de mudanças climáticas incidindo na elevação da temperatura do ar e conseqüente aumento da evapotranspiração e da demanda hídrica pelas culturas, torna-se imprescindível a economia de água com adoção de técnicas que reduzam o uso sem perda da produtividade agrícola. Exclusivamente com a implementação de técnicas de manejo da irrigação, há possibilidade de redução do consumo da água em até 30% com incrementos na produtividade das culturas (MAROUELLI et al., 2008).

No momento da aquisição de sistemas e acessórios de irrigação pelos produtores rurais, geralmente eles são informados basicamente sobre o tempo e a frequência de irrigação objetivando atender a evapotranspiração máxima da cultura e o armazenamento de água no solo para definição de turno de rega fixo (COELHO et al., 2012). Essa limitação de informações abre lacuna ao não considerar os estágios específicos de crescimento da cultura e os fluxos dos diferentes componentes do balanço hídrico, o que favorecem perdas elevadas de água e conseqüente redução da EUA. Para promover melhoria da EUA é importante conhecer a real necessidade das plantas relacionando os mecanismos da dinâmica da água no solo, na planta e/ou na atmosfera.

Com foco na planta, as definições de quando irrigar geralmente estão associadas à sensibilidade das culturas ao estresse hídrico, que determina o limiar da produtividade e a redução da qualidade sob escassez de água (MAROUELLI et al., 2011; LI et al., 2018). Essa sensibilidade pode ser observada por diferentes técnicas como o potencial de água na folha com uso da câmara de pressão de Scholander (MEDRANO et al., 2015), temperatura foliar por termometria ao infravermelho e índice de stress hídrico pela cultura (PETERSON et al., 2017), aparência visual das plantas (RAFI et al., 2019) e condutância estomática por meio de utilização de sensores de fluxo de seiva e pulso de calor (MOLINA et al., 2019; ORELLANA et al., 2019).

Tomando por base dados atmosféricos, a decisão de quanto irrigar geralmente está relacionada a estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) (CONCEIÇÃO et al., 2017), envolvendo indicadores complexos como a evaporação do solo e a transpiração da planta frequentemente balizada pela equação de Penman-Monteith (QUINN et al., 2018; DJAMAN et al., 2018). Ademais, a evaporação de água do solo ocorre simultaneamente à transpiração das plantas e a separação desses processos exige instrumentos sofisticados, que geralmente não são usados em situações práticas (COELHO et al., 2000). Nesta perspectiva, a lisimetria de pesagem tem sido um dos principais métodos para se obter a ET<sub>c</sub> por meio de balanço hídrico no solo, o que vem sendo largamente utilizado em experimentos de irrigação e drenagem (HESS et al., 2017; HEINLEIN et al., 2018), e na determinação específica do coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) em diferentes fases fenológicas (RAPHAEL et al., 2018; CHOUDHURY & SINGH, 2016).

Com indicadores baseados no solo é possível determinar quando e quanto irrigar (MAROUELLI et al., 2011). O conteúdo de água na zona radicular da cultura é o principal componente a ser monitorado utilizando-se sondas de nêutrons, reflectometria no domínio da frequência (FDR), reflectometria no domínio do tempo (TDR), tensiometria, sondas de capacitância, entre outros (TIAN et al., 2016; CURIONI et al., 2017; HE et al., 2019).

Apesar dos benefícios ofertados pelo monitoramento dos indicadores com base no meio solo-planta-atmosfera, produtores rurais relatam entraves na implantação desses equipamentos devido a elevação do custo de produção pela necessidade de mão de obra qualificada e o valor comercial dessas tecnologias (MAROUELLI et al., 2011). Neste aspecto diferentes estudos têm almejado elaborar tecnologias de baixo custo a fim de tornar o manejo da irrigação mais acessível ao produtor rural (MOTA et al., 2018; ANTUNES JÚNIOR et al., 2018; RAMADAN et al., 2018; TERUEL et al., 2019)

Somadas a necessidade de monitoramento das variáveis do contínuo solo-planta-atmosfera e o uso de sistemas de irrigação mais eficientes, a busca por técnicas de redução do volume de água utilizada na irrigação tem ganhado papel de destaque na engenharia agrícola, como a

aplicação do déficit hídrico regulado (RDI-"regulated deficit irrigation") e secamento parcial do sistema radicular (PRD- "partial rootzone drying") (ADU et al., 2018; ALRAJHI et al., 2017; JU et al., 2018). Em algumas situações, maximizar a produtividade/qualidade de fruteiras somente é alcançada manejando-se a irrigação com um determinado nível de déficit hídrico, durante um ou mais estádios de desenvolvimento da cultura (MAROUELLI et al., 2011).

Para regular o déficit hídrico aplicado às plantas deve-se conhecer basicamente propriedades físicas relacionadas a retenção de água no meio poroso do solo. Esse conhecimento auxilia na compreensão dos processos hidrológicos como o movimento da água no solo (GAN et al., 2019). Assim, entendendo o solo como um reservatório de água (REICHARDT, 1990), é necessário quantificar a água disponível (AD) às plantas que fica situada entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) (KLEIN et al., 2010), usualmente obtidos via curva de retenção em câmara de pressão de Richards (SILVA et al., 2018), relacionando o conteúdo de água e os potenciais matriciais do solo.

Para melhor desenvolvimento das culturas além de conhecer propriedades hidráulicas do solo, é necessário compreender a região da profundidade efetiva da zona radicular (PEZR). Esta informação não deve ser desconsiderada no planejamento e execução do manejo da irrigação, pois a definição correta da PEZR das culturas, ao longo do seu ciclo, permite adequar à lâmina de água a ser aplicada conforme as reais necessidades das plantas nos diferentes estágios de crescimento (BRAGA et al., 2018). O volume hídrico no solo disponível às plantas depende da PEZR (COELHO et al., 2000), e o teor de água aplicado via irrigação influencia diretamente o desenvolvimento dessa região, e conseqüentemente aumento da produtividade da cultura (SHAHNAZARYAN et al., 2018).

### **1.2.6 LIMITES CRÍTICOS DE POTENCIAL DE ÁGUA DO SOLO: DIFERENTES ABORDAGENS**

Definida comumente como reguladora dos principais processos que ocorrem no solo, a estrutura do solo influencia nos mecanismos de retenção e infiltração de água, trocas gasosas, penetração de raízes, dinâmica de nutrientes, dentre outros (BETIOLI JUNIOR et al., 2012; RABOT et al., 2018). E a extração de água na zona de raízes depende diretamente desse atributo físico do solo, entretanto devido às complexas interações existentes nesse processo, há dificuldades na determinação dos valores críticos que limitam o crescimento e produtividade dos cultivos (FREDDI et al., 2009).

Dentre as abordagens que estimam a disponibilidade de água no solo para as plantas, a conceituação clássica proposta por Veihmeyer; Hendrickson, (1931), amplamente conhecida

como água disponível no solo (AD), em que o volume de água prontamente acessível às plantas está situado entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), ( $AD=CC-PMP$ ), é ainda uma das mais utilizadas (HE; WANG, 2019; SAHA et al., 2020; VORIES; SUDDUTH, 2021; GLADISH et al., 2021; ROBERTSON et al., 2021). Entretanto, Ritchie et al. (1981), Ratliff et al. (1983), Reichardt (1988), Carlesso (1995); Souza; Reichardt (1996); Minasny; Mcbratney, 2003) destacaram críticas relacionadas ao método, i.e., as plantas podem extrair água do solo submetida a potenciais menores que -1500 kPa (PMP); a CC é comumente superestimada em solos arenosos e subestimadas em solos argilosos e/ou siltosos, além de erros procedimentais na determinação da CC, entre outras. van Lier (2017) afirma que a capacidade de campo não é um parâmetro físico do solo adequado para avaliar a disponibilidade de água no solo para as culturas.

Alternativamente, outras abordagens estimam a disponibilidade de água no solo com base em relações para além do potencial de água no solo. Essas conceituações integram em um único parâmetro as condições de aeração, conteúdo de água nos espaços porosos e resistência a penetração das raízes no solo, em um arranjo singular solo-planta. Nessa perspectiva, Letey (1958) reconheceu que a água pode não estar igualmente disponível para as plantas entre a CC e o PMP, assim propôs qualitativamente o intervalo hídrico não limitante ou “non-limiting water range” (NLWR). Silva et al. (1994) quantitativamente incorporaram a densidade do solo no NLWR e sugeriram o intervalo hídrico menos limitante ou “Least Limiting Water Range” (LLWR) ou “Intervalo Hídrico Ótimo” (IHO) conforme Tormena et al. (1998), definido como a faixa de conteúdo de água do solo em que as limitações ao crescimento da planta associadas ao potencial de água, aeração e resistência mecânica à penetração da raiz são mínimas (SILVA; KAY, 1997; ASGARZADEH et al., 2011; KIRKHAM, 2014; FERREIRA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019; LI et al., 2020; KAZEMI et al., 2021).

Além das conceituações citadas, Groenevelt et al. (2001) sugeriram a capacidade integral de água (IWC) que se refere ao cálculo da disponibilidade de água do solo em função de ponderações específicas de fatores limitantes dentro de uma determinada faixa de tensão matricial na zona de raízes. Minasny; McBratney (2003) indicaram o conceito de energia integral ( $E_i$ ) na quantificação da energia necessária para que as plantas absorvam uma unidade de massa de água do solo em um determinado conteúdo de água e/ou faixa de potencial matricial.

A abordagem do Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) define a região delimitada pelo teor de água superior e inferior do solo no qual a água, aeração e resistência mecânica se tornam maiores fatores limitantes para o crescimento das raízes (SILVA et al., 1994).

O IHO estabelece importante contribuição para utilização prática no manejo da irrigação com base nos potenciais matriciais de água no solo auxiliados por sensores, pois quantitativamente indica o momento adequado de irrigar ou não (CARY; FISHER, 1983), sobretudo no uso de sistemas de irrigação automatizados (BARKUNAN et al., 2020; JAISWAL; BALLAL; 2020). Essas informações são valiosas, pois indicam aos acionadores da motobomba, após estabelecimento de cálculo e modelagem de dados obtidos via sensores, o tempo correto em ligar ou desligar o sistema de irrigação em diferentes estádios fenológicos da cultura.

A elevação do conteúdo de água no solo diminui a oxigenação, o que é indesejável, porém reduz a resistência mecânica, o que é desejável (KIRKHAM, 2005). O equilíbrio dessas relações define o IHO. Esse é calculado como uma função da densidade aparente ( $D_a$ ) e seus limites críticos são os teores de água associados à capacidade do campo somada a porosidade de ar (limites superiores), juntamente com o ponto de murcha permanente somado a resistência do solo a penetração das raízes (limites inferiores) (GUIMARÃES et al., 2013; MOURA et al., 2021).

Comumente, os limites críticos que definem o IHO são o teor de água do solo no potencial matricial igual a  $-6$  kPa (capacidade de campo) para solo arenoso e em  $-1500$  kPa (ponto de murcha permanente), com porosidade preenchida com ar menor que 10% e resistência à penetração do solo acima de 2,0 MPa ( TAYLOR et al., 1966 ).

A determinação dos limites críticos inferior e superior do IHO é importante na avaliação dos períodos de déficit ou excesso hídrico às plantas, conseqüentemente, vulneráveis a estresse relacionados a água disponível, oxigenação e resistência do solo à penetração das raízes (BLAINSKI et al., 2012). Todavia, definir esses limites para um conjunto de propriedades físicas do solo é um desafio para o manejo adequado da água, pois mudanças temporais e espaciais no conteúdo de água interagem com a estrutura do solo, incidindo em alterações na disponibilidade de água para as plantas (TAVANTI et al., 2019; LIMA et al., 2020).

Os limites críticos de água no solo são associados aos níveis de esgotamento da água no solo, comumente conhecidos como fator “f”, fator de reposição, fator disponibilidade de água no solo ou fator de depleção de água no solo. O monitoramento da tensão de água no solo permite indicar o momento de irrigar com base no potencial matricial ou com base no fator de depleção de água no solo (BRITO et al., 2015). Atrelado a sensibilidade dos cultivos ao estresse hídrico, o fator “f” é um indicativo do quanto as plantas podem retirar da disponibilidade total de água antes do início de um novo evento de irrigação, sem causar prejuízos à produtividade. Compreender melhor as variações deste em escala de campo e sua relação com a produção

agrícola ajudaria a aperfeiçoar práticas de gestão da água no rendimento das culturas (LI et al., 2017).

No cultivo do maracujazeiro é relatado que as flutuações sazonais na produtividade são causadas principalmente pela reduzida disponibilidade hídrica às plantas (MENZEL et al., 1986). Em contrapartida, a aplicação de água excessiva diminui a oxigenação na zona radicular e causa lixiviação de nutrientes (DUTRA et al., 2018), ocasionando baixo rendimento produtivo da cultura.

### 1.2.7 REFERÊNCIAS

ABDELKHALIK, A.; PASCUAL, B.; NÁJERA, I.; DOMENE, M. A.; BAIXAULI, C.; PASCUAL-SEVA, N. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. **Irrigation Science**, Berlim, v. 38, n. 1, p. 89-104, 2020.

ADU, M. O.; YAWSON, D. O.; ARMAH, F. A.; ASARE, P. A.; FRIMPONG, K. A. Meta-analysis of crop yields of full, deficit, and partial root-zone drying irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 197, p. 79-90, 2018.

AGUIAR, R. S.; ZACCHEO, P. V. C.; STENZEL, N. M. C.; SERA, T.; NEVES, C. S. V. J. Produção e qualidade de frutos híbridos de maracujazeiro amarelo no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 130-137, 2015.

ALRAJHI, A.; BEECHAM, S.; HASSANLI, A. Effects of partial root-zone drying irrigation and water quality on soil physical and chemical properties. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 182, p. 117-125, 2017.

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. 75 p.

ANTUNES JÚNIOR, E. J.; ALVES JÚNIOR, J. A.; CASAROLI, D. Calibração do sensor capacitivo EC-5 em um latossolo em função da densidade do solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 80-88, 2018.

ASGARZADEH, H.; MOSADDEGHI, M. R.; MAHBOUBI, A. A.; NOSRATI, A.; DEXTER, A. R. Integral energy of conventional available water, least limiting water range and integral water capacity for better characterization of water availability and soil physical quality. **Geoderma**, Amsterdam, v. 166, n. 1, p. 34-42, 2011.

BARKUNAN, S. R.; BHANUMATHI, V.; BALAKRISHNAN, V. Automatic irrigation system with rain fall detection in agricultural field. *Measurement*, Amsterdam, v. 156, p. 1-9, 2020.

BARROS, M. B. C.; MÜLLER, M. L. M.; BOTELHO, V.; MICHALOVICZ, R.; VICENSI, L.; NASCIMENTO, R. Substratos com compostos de adubos verdes e biofertilizante via foliar na formação de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2575-2588, 2013.

BEZERRA, L. M. C.; FREDO, C. E.; PAULA, L. F.; SACHS, R. C. C. A produção familiar de maracujá-amarelo no estado de São Paulo, 2007/08. **Informações Econômicas**, v. 47, n. 2, p. 1-12, 2017.

BEZERRA, A. E.; OLIVEIRA, C. W.; MORAES NETO, J. M.; SILVA, T. I.; MEIRELES, A. C. M.; SANTOS, H. R. Eficiência do uso da água de irrigação no cultivo de banana (*Musa sp* L). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 7, p. 1966-1974, 2017.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; GUIMARÃES, R. M. L.; NANNI, M. R. Influence of soil cover on the soil physical quality of an oxisol in no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 79-87, 2012.

BORGHETTI, J. R.; SILVA, W. L. C.; NOCKO, H. R.; LOYOLA, L. N.; CHIANCA, G. K.; BOJANIC, A.; OSTRENSKY NETO, A.; TAVARES, M. H.; BOSCARDIN, N. R. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil: Identificação de áreas prioritárias**. 1. ed. Brasília: FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2017. 243p.

BOTELHO, S. C. C.; HAUTH, M. R.; BOTELHO, F. M.; RONCATTO, G.; WOBETO, C.; OLIVEIRA, S. S. Qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos em

diferentes estádios de maturação. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, p.1-8, 2019.

BRAGA, M. B.; RAMOS, M. M. Influência de quatro frequências de irrigação na distribuição radicular, em três estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L CV. carioca). **Irriga**, Botucatu, v. 4, n. 3, p. 118, 2018.

BRAGANÇA, T. G. Efeito da atmosfera modificada na conservação pós-colheita de frutos do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 82181-82198, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018**. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade de suco e polpa de frutas. Brasília: MAPA, 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612). Acesso em: 14 nov. 2020.

BRITO, R. R.; GRASSI FILHO, H.; SAAD, J. C. C.; OLIVEIRA, S. R. M.; RIBEIRO, P. H. P. Níveis de depleção e potencial matricial do solo de textura média na produtividade do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 5, p. 300-309, 2015.

BRYANT, C. J.; KRUTZ, L. J.; FALCONER, L.; IRBY, J. T.; HENRY, C. G.; PRINGLE III, H. C.; HENRY, M.E.; ROACH, D. P.; PICKELMAN, D. M.; ATWILL, R. L.; WOOD, C. W. Irrigation water management practices that reduce water requirements for Mid-South furrow-irrigated soybean. **Crop, Forage & Turfgrass Management**, Madison, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2017.

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. **Maracujazeiro**. In. BRUCKNER, C. H. (Ed.). Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa: UFV, 2002. p. 373-410.

CAI, X.; YANG, Y. C. E.; RINGLER, C.; ZHAO, J.; YOU, L. Agricultural water productivity assessment for the Yellow River Basin. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 8, p. 1297-1306, 2011.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 183-188, 1995.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims): a review. **Experimental Agriculture**, v. 49, n. 4, p. 585, 2013.

CARY, J.W.; FISHER, H.D. Irrigation decisions simplified with electronics and soil water sensors. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, p.1219-1223, 1983.

CAVICHIOLI, J. C.; MELETTI, L. M. M.; NARITA, N.; **Aspectos da cultura do maracujazeiro no Brasil.** Disponível em: [www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MARACUJA.pdf](http://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MARACUJA.pdf). Acesso em: 10/05/2019.

CAVICHIOLI, J. C.; NASSER, M. D.; VITORINO, R. A. Produtividade e características físicas de frutos de maracujazeiro amarelo enxertado em diferentes espaçamentos de plantio. **Magistra**, v. 28, n. 3/4, p. 456-462, 2017.

CAVICHIOLI, J. C.; SILVA, J. S.; MARQUES, L. F. S.; MOURA, E. M.; CELESTRINO, R. B.; CONTIERO, L. A. F.; VITORINO, R. A. Desenvolvimento e produtividade de maracujazeiro-amarelo enxertado em dois sistemas de condução. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. 1-15, 2020.

CHARTZOULAKIS, K.; BERTAKI, M. Sustainable water management in agriculture under climate change. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p. 88-98, 2015.

CHOUDHURY, B. U.; SINGH, A. K. Estimation of crop coefficient of irrigated transplanted puddled rice by field scale water balance in the semi-arid Indo-Gangetic Plains, India. **Agricultural Water Management**, v. 176, p. 142-150, 2016.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; MAROUELLI, W. A.; COSTA D. S. **Irrigação da bananeira-Manejo da água de irrigação**. p. 191-277. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; SANTOS, F. P.; MELO, D. M.; LIMA, L. W. F. Produtividade e eficiência do uso de água da bananeira caipira sob diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v.11 n.22, p. 2430-2437, 2015.

COELHO, E. F.; SOUZA, V. S.; AGUIAR NETTO, A. O.; OLIVEIRA, A. S. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 48 p. 2000.

CONCEIÇÃO, N.; TEZZA, L.; HÄUSLER, M.; LOURENÇO, S.; PACHECO, C. A.; FERREIRA, M. I. Three years of monitoring evapotranspiration components and crop and stress coefficients in a deficit irrigated intensive olive orchard. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 191, p. 138-152, 2017.

COSTA, F. S.; SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B.; MESQUITA, E. F. Crescimento, produtividade e eficiência no uso da água em bananeira irrigada no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 26-33, 2012.

CURIONI, G.; CHAPMAN, D. N.; PRING, L. J.; ROYAL, A. C.; METJE, N. Extending TDR capability for measuring soil density and water content for field condition monitoring. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 144, n. 2, p. 1-15, 2017.

DELAZARI, F. T.; FERREIRA, M. G.; SILVA, G. H.; DARIVA, F. D.; FREITAS, D. S.; NICK, C. Eficiência no uso da água e acúmulo de matéria na batata-doce em função de lâminas de irrigação. **Irriga**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 115-128, 2017.

DIAS, D. G.; PEGORARO, R.; MAIA, V.; MEDEIROS, A. C. Production and postharvest quality of irrigated passion fruit after NK fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. 1-12, 2017.

DJAMAN, K.; O'NEILL, M.; DIOP, L.; BODIAN, A.; ALLEN, S.; KOUDAHE, K.; LOMBARD, K. Evaluation of the Penman-Monteith and other 34 reference evapotranspiration equations under limited data in a semiarid dry climate. **Theoretical and Applied Climatology**, Berlim, p. 1-15, 2018.

EL BAKI, H. M. A.; FUJIMAKI, H.; TOKUMOTO, I.; SAITO, T. A new scheme to optimize irrigation depth using a numerical model of crop response to irrigation and quantitative weather forecasts. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 150, p. 387-393, 2018.

EZENNE, G. I.; JUPP, L.; MANTEL, S. K.; TANNER, J. L. Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 218, p. 158-164, 2019.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2016. 341 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

FAN, Y.; MASSEY, R.; PARK, S. C. Multi-crop production decisions and economic irrigation water use efficiency: the effects of water costs, pressure irrigation adoption, and climatic determinants. **Water**, Basal, v. 10, n. 11, p. 1-26, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **“The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050”**. Rome: FAO, 2018. 60p

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias**. eds. Borghetti, J. R.; Silva, W. L. C.; Nocko, H. R.; Loyola, L. N.; Chianca, G. K. Brasília. 244p. 2017.

FERREIRA, C. J. B.; ZOTARELLI, L.; TORMENA, C. A.; RENS, L. R.; ROWLAND, D. L. Effects of water table management on least limiting water range and potato root growth. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 186, p. 1-11, 2017.

FIRISSA, O.; SEYOUM, T.; ABEGAZ, F. Effect of drip lateral spacing and mulching on yield, irrigation water use efficiency and net return of onion (*Allium cepa* L.) at Ambo, Western Shoa, Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, Warrensburg, v. 11, n. 4, p. 62-69, 2019.

FRANCISCO, W. M.; ARAÚJO, S. E.; UCHÔA, T. L.; SILVA, N. M. Productivity and quality of irrigated organic yellow passion fruits in deep planting in Southeastern Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, p. 1-11, 2020.

FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. **Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras**. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2010. 54 p.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; PERES, F. S. C. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. II-Intervalo hídrico ótimo e sistema radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 805-818, 2009.

GAN, M.; JIA, Y.; SHAO, M. A.; GUO, C.; LI, T. Permanent gully increases the heterogeneity of soil water retention capacity across a slope-gully system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 272, p. 206-217, 2019.

GAO, X.; HUO, Z.; XU, X.; QU, Z.; HUANG, G.; TANG, P.; BAI, Y. Shallow groundwater plays an important role in enhancing irrigation water productivity in an arid area: The perspective from a regional agricultural hydrology simulation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 208, p. 43-58, 2018.

GLADISH, Daniel W.; HE, Di; WANG, Enli. Pattern analysis of Australia soil profiles for plant available water capacity. **Geoderma**, Amsterdam, v. 391, p. 1-12, 2021.

GROENEVELT, P. H.; GRANT, C. D.; SEMETSA, S. A new procedure to determine soil water availability. **Soil Research**, Melbourne, v. 39, n. 3, p. 577-598, 2001.

GUIMARÃES, R. M. L.; TORMENA, C. A.; BLAINSKI, É.; FIDALSKI, J. Least limiting water range for the assessment of soil physical degradation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1512-1521, 2013.

HAGHVERDI, A.; YONTS, C. D.; REICHERT, D. L.; IRMAK, S. Impact of irrigation, surface residue cover and plant population on sugarbeet growth and yield, irrigation water use efficiency and soil water dynamics. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 180, p. 1-12, 2017.

HE, D.; WANG, E. On the relation between soil water holding capacity and dryland crop productivity. **Geoderma**, Amsterdam, v. 353, p. 11-24, 2019.

HE, Z. B.; ZHAO, M. M.; ZHU, X.; DU, J.; CHEN, L. F.; LIN, P. F.; LI, J. Temporal stability of soil water storage in multiple soil layers in high-elevation forests. **Journal of Hydrology**, v. 569, p. 532-545, 2019.

HEINLEIN, F.; BIERNATH, C.; KLEIN, C.; THIEME, C.; PRIESACK, E. Water balance measurements and simulations of maize plants on lysimeters. In **EGU General Assembly Conference Abstracts**. 1p. 2018.

HESS, A.; WADZUK, B.; WELKER, A.; Evapotranspiration in rain gardens using weighing lysimeters. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 143, n. 6, p. 1-7, 2017.

HUH, Y. S.; LEE, J. K.; NAM, S. Y. Effect of plant growth regulators and antioxidants on in vitro plant regeneration and callus induction from leaf explants of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Journal of Plant Biotechnology**, v. 44, n. 3, p. 335-342, 2017.

HUSSAIN, S.; MAQSOOD, M.; IJAZ, M.; UL-ALLAH, S.; SATTAR, A.; SHER, A.; NAWAZ, A. Combined application of potassium and zinc improves water relations, stay green, irrigation water use efficiency, and grain quality of maize under drought stress. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v. 43, n. 14, p. 2214-2225, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal 2019**. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457/#resultado>>. Acesso em: 07 abr. 2021.

JAISWAL, S.; BALLAL, M. S. Fuzzy inference based irrigation controller for agricultural demand side management. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 175, p. 1-10, 2020.

JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A.; LIMA, L. K. S.; SAMPAIO, S. R.; SANTOS, I. S.; JESUS, C. A. S.; ROSA, R. C. C. **Produção de mudas de maracujazeiro amarelo pelo método de**

**estaquia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 22p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98).

JU, Y. L.; LIU, M.; TU, T. Y.; ZHAO, X. F.; YUE, X. F.; ZHANG, J. X.; FANG, Y.; MENG, J. F. Effect of regulated deficit irrigation on fatty acids and their derived volatiles in ‘Cabernet Sauvignon’ grapes and wines of Ningxia, China. **Food Chemistry**, v. 245, p. 667-675, 2018.

KAZEMI, Z.; NEYSHABOURI, M. R.; HAGHI, D. Z.; ASGARZADEH, H.; MILANI, A. O.; IRANI, M.; NASAB, A. D. M. Revisiting integral water capacity on the basis of stomatal conductance at various soil and root length densities in sunflower plant. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 243, p. 1-9, 2021.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; MEZZOMO, W.; BEN, L. H. B.; PIMENTA, B. D.; PEREIRA, A. C. Funções de produção e eficiência no uso da água em sorgo forrageiro irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 2, p. 1-9, 2019.

KIRKHAM, M. B. **Field capacity, wilting point, available water, and the non-limiting water range**. In: KIRKHAM, M. B. (ed.) Principles of soil and plant water relations, Burlington: Academic Press, 2005. p. 101-115.

KIRKHAM, M. B. **Field capacity, wilting point, available water, and the non-limiting water range**. In: KIRKHAM, M. B. (ed.) Principles of soil and plant water relations (2. ed), Boston: Academic Press, 2014. p. 153-170.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, 2010.

KOETZ, M.; CARVALHO, J. A.; SOUSA, A. M. G.; SOUZA, K. J. Qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo em ambiente protegido e natural produzidos sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 115-127, 2013.

KRAUSE, W.; NEVES, L.G.; VIANA, A.P.; ARAÚJO, C.A.T.; FALEIRO, F.G. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.12, p.1737-1742, 2012.

LAGAT, C. K.; OMAMI, E. N.; MUTUI, T. M.; ROP, N. K. Effect of Postharvest handling on Quality Attributes of Passion Fruits (*Passiflora edulis* Sims var.). **African Journal of Education, Science and Technology**, v. 4, n. 4, p. 87-94, 2018.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, Nova York, p. 277-294, 1958.

LI, D.; FRANSSEN, H. J. H.; HAN, X.; BELLO, M. A. J.; ALZAMORA, F. M.; VEREECKEN, H. Evaluation of an operational real-time irrigation scheduling scheme for drip irrigated citrus fields in Picassent, Spain. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 208, p. 465-477, 2018.

LI, T.; HAO, X.; KANG, S. Spatial variability of grape yield and its association with soil water depletion within a vineyard of arid northwest China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 179, p. 158-166, 2017.

LI, S.; WU, X.; LIANG, G.; GAO, L.; WANG, B.; LU, J.; ZHENG, F.; DEGRÉ, A. Is least limiting water range a useful indicator of the impact of tillage management on maize yield? **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 199, p. 1-12, 2020.

LIMA, A. D. A.; BORGES, A. L.; FANCELLI, M.; CARDOSO, C. E. L. **Maracujá: sistema de produção convencional**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE), 35p. 2011.

LIMA, R. P.; TORMENA, C. A.; FIGUEIREDO, G. C.; SILVA, A. R.; ROLIM, M. M. Least limiting water and matric potential ranges of agricultural soils with calculated physical restriction thresholds. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 240, p. 1-9, 2020.

LIU, R.; YANG, Y.; WANG, Y. S.; WANG, X. C.; RENGEL, Z.; ZHANG, W. J.; SHU, L. Z. Alternate partial root-zone drip irrigation with nitrogen fertigation promoted tomato growth,

water and fertilizer-nitrogen use efficiency. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 233, p. 1-8, 2020.

LOZANO-MONTAÑA, P. A.; SARMIENTO, F.; MEJÍA-SEQUERA, L. M.; ÁLVAREZFLÓREZ, F.; MELGAREJO, L. M. Physiological, biochemical and transcriptional responses of *Passiflora edulis* Sims f. *edulis* under progressive drought stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 275, p. 1-10, 2021.

MANTOVANI, E. C.; DELAZARI, F. T.; DIAS, L. E.; ASSIS, I. R.; VIEIRA, G. H.; LANDIM, F. M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 31, n. 4, p. 602-606, 2013.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. **Manejo da água de irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE), 76p. 2011.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W.L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 150p. 2008.

MEDEIROS, S. A. S.; BEZERRA, M. A. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; FREITAS, C. A. S.; FERREIRA, C. S. Produção e qualidade de maracujazeiro-amarelo sob lâminas de água, adubação fosfatada e matéria orgânica. **Irriga**, v. 25, n. 1, p. 14-26, 2020.

MEDRANO, H.; TOMÁS, M.; MARTORELL, S.; FLEXAS, J.; HERNÁNDEZ, E.; ROSSELLÓ, J.; POU, A.; ESCALONA, J. M.; BOTA, J. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: limitations of leaf WUE as a selection target. **The Crop Journal**, v. 3, n. 3, p. 220-228, 2015.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R.; DOWLING, A. J. Water relations in passionfruit: Effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 29, n. 3, p. 239-249, 1986.]

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Integral energy as a measure of soil-water availability. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 249, n. 2, p. 253-262, 2003.

MOLINA, A. J.; ARANDA, X.; LLORENS, P.; GALINDO, A.; BIEL, C. Sap flow of a wild cherry tree plantation growing under Mediterranean conditions: Assessing the role of environmental conditions on canopy conductance and the effect of branch pruning on water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 218, p. 222-233, 2019.

MORAIS, R. R.; MACÊDO, J. P. S.; CAVALCANTE, L. F.; LOBO, J. T.; SOUTO, A. G. L.; MESQUITA, E. F. Arranjo espacial e poda na produção e qualidade química de maracujá irrigado com água salina. **Irriga**, v. 25, n. 3, p. 549-561, 2020.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; TEIXEIRA, L. P.; SOUSA, T. C. R. Desempenho agrônômico e análise econômica do sistema de produção do maracujá-azedo BRS Gigante Amarelo: estudo de caso para o Distrito Federal. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção 9., 2012. *Anais...Luziânia*. EMBRAPA, p. 1-26. 2012.

MORILLO, J. G.; DÍAZ, J. A. R.; CAMACHO, E.; MONTESINOS, P. Linking water footprint accounting with irrigation management in high value crops. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 594-602, 2015.

MOTA, W. N.; JUNIOR, J. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. SMUT-Sistema de baixo custo para aquisição de temperatura e umidade relativa do ar para manejo de irrigação. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 89-99, 2018.

MOURA, M. S.; SILVA, B. M.; MOTA, P. K.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V.; ACUÑA-GUZMAN, S. F.; ARAÚJO, G. S. S.; SILVA, L. C. M.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N. Soil management and diverse crop rotation can mitigate early-stage no-till compaction and improve least limiting water range in a Ferralsol. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 243, p. 1-12, 2021.

NOGUEIRA, I. **Caracterização agrônômica e físico-química de progênies de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 113p. 2016.

OLIVEIRA, P. G.; MOREIRA, O. D. C.; BRANCO, L.; COSTA, R. N.; DIAS, C. N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 153-158, 2012.

OLIVEIRA, I. N.; SOUZA, Z. M.; LOVERA, L. H.; FARHATE, C. V. V.; LIMA, E. D. S.; ESTEBAN, D. A. A.; FRACAROLLI, J. A. Least limiting water range as influenced by tillage and cover crop. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 225, p. 1-13, 2019.

ORELLANA, L. A.; FARÍAS, S. O.; ECHEVERRÍA, C. P.; SEARLES, P. S. Estimation of stomatal conductance and stem water potential threshold values for water stress in olive trees (cv. Arbequina). **Irrigation Science**, p. 1-7, 2019.

PENDERGAST, L.; BHATTARAI, S. P.; MIDMORE, D. J. Evaluation of aerated subsurface drip irrigation on yield, dry weight partitioning and water use efficiency of a broad-acre chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a vertosol. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 217, p. 38-46, 2019.

PETERSON, K. W.; BREMER, D. J.; BLONQUIST, J. M. Estimating transpiration from turfgrass using stomatal conductance values derived from infrared thermometry. **International Turfgrass Society Research Journal**, Amsterdam, v. 13, n. 1, p. 113-118, 2017.

PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Bahia: Editus, p. 232. 2011.

QUINN, R.; PARKER, A.; RUSHTON, K. Evaporation from bare soil: Lysimeter experiments in sand dams interpreted using conceptual and numerical models. **Journal of Hydrology**, v. 564, p. 909-915, 2018.

RABOT, E.; WIESMEIER, M.; SCHLÜTER, S.; VOGEL, H. J. Soil structure as an indicator of soil functions: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 314, p. 122-137, 2018.

RADY, M. O.; SEMIDA, W. M.; HOWLADAR, S. M.; ABD EL-MAGEED, T. A. Raised beds modulate physiological responses, yield and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum*

L) under deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 245, p. 1-8, 2021.

RAFI, Z. N.; KAZEMI, F.; TEHRANIFAR, A. Effects of various irrigation regimes on water use efficiency and visual quality of some ornamental herbaceous plants in the field. **Agricultural Water Management**, v. 212, p. 78-87, 2019.

RAMADAN, K. M.; OATES, M. J.; MARTINEZ, J. M. M.; CANALES, A. R. Design and implementation of a low-cost photovoltaic soil moisture monitoring station for irrigation scheduling with different frequency domain analysis probe structures. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 148, p. 148-159, 2018.

RAPHAEL, O. D.; OGEDENGBE, K.; FASINMIRIN, J. T.; OKUNADE, D.; AKANDE, I.; GBADAMOSI, A. Growth-stage-specific crop coefficient and consumptive use of Capsicum chinense using hydraulic weighing lysimeter. **Agricultural Water Management**, v. 203, p. 179-185, 2018.

RATLIFF, L. F.; RITCHIE, J. T.; CASSEL, D. K. Field-measured limits of soil water availability as related to laboratory-measured properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, n. 4, p. 770-775, 1983.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. 1ed. São Paulo. Manole. 188 p. 1990.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.12, p. 211-216, 1988.

REIS, L. C. R.; FACCO, E. M. P.; FLÔRES, S. H.; RIOS, A. O. Stability of functional compounds and antioxidant activity of fresh and pasteurized orange passion fruit (*Passiflora caerulea*) during cold storage. **Food Research International**, Burlington, v. 106, n. 1, p. 481-486, 2018.

REZENDE, M. I. F. L.; ARAUJO NETO, S. E.; LUSTOSA, C.; HAFLE, O.; PINTO, G. P. Grafting for the recovery of yellow passion fruit stem in organic system. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, 2017

- RITCHIE, J.T. Soil water availability. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 58, p. 327-338, 1981.
- ROBERTSON, B. B.; ALMOND, P. C.; CARRICK, S. T.; PENNY, V.; CHAU, H. W.; SMITH, C. M. Variation in matric potential at field capacity in stony soils of fluvial and alluvial fans. **Geoderma**, Amsterdam, v. 392, p. 1-10, 2021.
- SAHA, A.; RATTAN, B.; SEKHARAN, S.; MANNA, U. Quantifying the interactive effect of water absorbing polymer (WAP)-soil texture on plant available water content and irrigation frequency. **Geoderma**, Amsterdam, v. 368, p. 1-15, 2020.
- SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, W. E.; DUARTE, R. C. C.; SIQUEIRA, D. L. D. Propagação por estaquia dos maracujazeiros doce (*Passiflora alata* Dryand.) e amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 163-167, 2002.
- SARAIVA, K. R.; ARAÚJO VIANA, T. V.; COSTA, S. C.; BEZERRA, F. M. L.; COSTA, R. R.; FREITAS, C. A. S. Eficiência de uso da água na irrigação com déficit na melanciaira, utilizando o modelo ISAREG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 2644-2652, 2018.
- SHAHNAZARYAN, E.; WEIHERMÜLLER, L.; GARRE, S.; LAZAROVICH, N.; VANDERBORGHT, J. Monitoring salt accumulation in the root zone by electrical resistivity tomography. In: **EGU General Assembly Conference Abstracts**. p. 10640. 2018.
- SILVA, M. L. N.; LIBARDI, P. L.; GIMENES, F. H. S. Soil Water Retention Curve as Affected by Sample Height. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, p. 1-13, 2018.
- SILVA, T. V.; RESENDE, E. D.; VIANA, A. P.; PEREIRA, S. D. F.; CARLOS, L. D. A.; VITORAZI, L. Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 545-550, 2008.
- SILVA, S., G.; BORGES, G. S. C.; CASTRO, C. D. P. C.; AIDAR, S. T.; MARQUES, A. T. B.; FREITAS, S. T.; RYBKA, A. C. P.; CARDARELLI, H. R. Physicochemical quality, bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of a new variety of passion fruit cv. BRS

Sertão Forte (*Passiflora cincinnata* Mast.) from Brazilian Semiarid region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 272, p. 1-7, 2020.

SILVA, T. G.; MOURA, M. S.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. D. S.; GOMES JÚNIOR, W. F. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1257-1265, 2011.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p. 1775-1781, 1994.

SINCLAIR, T. R. “Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system” by JT Ritchie, Plant and Soil (1981) 58: 81–96. **Crop Science**, Nova York, v. 60, n. 2, p. 541-543, 2020.

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 183-188, 2000.

SOUSA, V. F.; PINTO, J. M.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; MEDEIROS, J. F.; SANTOS, F. D. S. **Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE), 24p. 2011.

SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 229, p. 77-90, 2018.

SUN, S.; ZHANG, C.; LI, X.; ZHOU, T.; WANG, Y.; WU, P.; CAI, H. Sensitivity of crop water productivity to the variation of agricultural and climatic factors: A study of Hetao irrigation district, China. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 142, n. 4, p. 2562-2569, 2017.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER JR, J. J. Soil strength-root penetration relations for medium-to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, Nova York, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.

TAVANTI, R. F. R.; FREDDI, O. S.; MARCHIORO, V.; TAVANTI, T. R.; GALINDO, F. S.; WRUCK, F. J.; SHIRATSUCHI, L.; BREDI, C. Least limiting water as a soil indicator in an integrated crop-livestock systems of the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, Amsterdam, v. 19, p. 1-10, 2019.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 573-581, 1998.

TERUEL, J. D. G.; SÁNCHEZ, R. T.; ROS, P. J. B.; MOREO, A. B. T.; BUENDÍA, M. J.; VALLES, F. S. Design and Calibration of a Low-Cost SDI-12 Soil Moisture Sensor. **Sensors**, v. 19, n. 3, p. 491, 2019.

TIAN, Z.; LI, Z.; LIU, G.; LI, B.; REN, T. Soil water content determination with cosmic-ray neutron sensor: Correcting aboveground hydrogen effects with thermal/fast neutron ratio. **Journal of Hydrology**, v. 540, p. 923-933, 2016.

TRIPATHI, P.C. **Passion Fruit**. (In) Peter, K. V. (Ed). Horticultural Crops of high nutraceutical values. Brillion Publishing. p.245-270. 2018.

UNESCO, WWAP (Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas) / ONU-Water. **O Relatório Mundial de Desenvolvimento de Água das Nações Unidas 2018: Soluções baseadas na natureza para a água**. 2018. Disponível em: <<http://portalods.com.br/wp-content/uploads/2018/03/261594por.pdf>>. Acesso em: 17/05/2019.

Van LIER, Q. J. Field capacity, a valid upper limit of crop available water? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 193, p. 214-220, 2017.

VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A. H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. **Soil Science**, New York, v. 32, n. 3, p. 181-194, 1931.

VIANA, M. L., FALEIRO, F. G., DA SILVA OLIVEIRA, J., VIANA, C. G., & JUNQUEIRA, N. T. V. Potencial de enraizamento de diferentes acessos silvestres e comerciais de *Passiflora* spp. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 30, p. 286-295, 2019.

VIDAL, M. F.; **Fruticultura na área de atuação do BNB (2018)**. Disponível em: <[https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3686680/35\\_Fruticultura\\_2018.1.pdf/b5660ef3-4ea7-7f44-090f-09b5a3c49097](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3686680/35_Fruticultura_2018.1.pdf/b5660ef3-4ea7-7f44-090f-09b5a3c49097)>. Acesso em: 10/05/2019.

VORIES, E.; SUDDUTH, K. Determining sensor-based field capacity for irrigation scheduling. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 250, p. 1-10, 2021.

YANG, Y.; ZHANG, T.; ZHOU, L.; HE, J.; CHAU, H. W.; ZOU, Y.; FENG, H. Impacts of ridge with plastic mulch-furrow irrigation on soil salinity, spring maize yield and water use efficiency in an arid saline area. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 201, p. 268-277, 2018.

ZHOU, Q.; ZHANG, Y.; WU, F. Evaluation of the most proper management scale on water use efficiency and water productivity: A case study of the Heihe River Basin, China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 246, p. 1-9, 2021.

**2. CAPÍTULO I – EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO MARACUJAZEIRO SOB  
DIFERENTES FORMAS DE PROPAGAÇÃO E CRITÉRIOS DE MANEJO DA  
IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

---

<sup>I</sup> - Artigo submetido para publicação no periódico: Irrigation Science (sob revisão).

## **Eficiência do uso da água do maracujazeiro sob diferentes formas de propagação e critérios de manejo da irrigação localizada**

### **2.1 RESUMO**

Para redução de riscos à escassez hídrica e garantia da segurança alimentar das presentes e futuras gerações é essencial aumentar a eficiência do uso da água na agricultura irrigada. O objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade e a eficiência de uso da água do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims, ‘BRS Gigante Amarelo’) propagado por semente e estaquia sob diferentes estratégias de manejo de irrigação. Investigou-se o manejo de irrigação via sensoriamento da água no solo, variando-se os limites críticos superiores de potencial de água no solo utilizados como referência para o cálculo do volume de água a ser aplicado na irrigação por gotejamento em frequência fixa. O experimento foi realizado em casa de vegetação. O maracujazeiro foi cultivado em tanques de cultivo, cada um com área superficial de 1,44 m<sup>2</sup> e altura da 0,6 m, preenchidos com solo de textura franco-arenosa. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4: duas formas de propagação vegetativa (semente e estaquia) e quatro limites críticos superiores de potencial de água no solo utilizados para o cálculo do volume de água a ser aplicado na irrigação por gotejamento em frequência fixa: (-6, -10, -20 e -33 kPa), com quatro repetições. As propriedades hidráulicas do solo foram obtidas por meio de modelagem inversa com Hydrus – 1D e o monitoramento da água no solo foi realizado com uso de Time Domain Reflectometry – TDR. Foram avaliados o número de frutos por planta e por hectare, produção de frutos por planta e produtividade por hectare, eficiência do uso da água em função da massa dos frutos inteiros e em função da massa do endocarpo (polpa com sementes). As diferentes formas de propagações vegetativas não afetaram a produtividade e a eficiência de uso da água. Por outro lado, os critérios de manejo de irrigação investigados causaram efeito sobre o número de frutos por planta, produtividade e eficiência de uso da água. Uma faixa de potencial centrada em -10 kPa com limites críticos superior e inferior entre -6,95 a -19,85 kPa é recomendada. Em plantas propagadas por sementes, a redução de aproximadamente 10% no volume de água aplicado possibilitou incremento na produtividade de frutos de 32%.

**Palavras-chave:** *Passiflora edulis* Sims; produtividade dos frutos; fator “F”, limites críticos.

## Water use efficiency of passion fruit under different forms of propagation and management criteria of localized irrigation

### 2.2 ABSTRACT

To reduce risks to water scarcity and guarantee food security for present and future generations, it is essential to increase the efficiency of water use in irrigated agriculture. The aim of this study was to evaluate the productivity and efficiency of water use of the yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims, 'BRS Gigante Amarelo') propagated by seed and cuttings under different irrigation management strategies. Irrigation management via soil water sensing was investigated, varying the upper critical limits of water potential in the soil used as a reference for calculating the volume of water to be applied in drip irrigation at a fixed frequency. The experiment was carried out in a greenhouse. The passion fruit was grown in drainage lysimeters, each with a surface area of 1.44 m<sup>2</sup> and height of 0.6 m, filled with soil with a sandy-loam texture. The experimental design was completely randomized in a 2 x 4 factorial scheme: two forms of vegetative propagation (seed and cuttings) and four critical upper limits of water potential in the soil used to calculate the volume of water to be applied in irrigation by drip at a fixed frequency: (-6, -10, -20 and -33 kPa), with four repetitions. The hydraulic properties of the soil were obtained through inverse modeling with Hydrus - 1D and the monitoring of water in the soil was performed using Time Domain Reflectometry - TDR. The number of fruits per plant and per hectare, fruit production per plant and productivity per hectare, efficiency of water uses as a function of the mass of the whole fruits and as a function of the mass of the endocarp (pulp with seeds) were evaluated. The different forms of vegetative propagation did not affect productivity and water use efficiency. On the other hand, the irrigation management criteria investigated had an effect on the number of fruits per plant, productivity and water use efficiency. We recommend that a potential range centered on -10 kPa with upper and lower thresholds between -6.95 to -19.85 kPa should be used for yellow passion fruit irrigation management. In plants propagated by seeds, the reduction of approximately 10% in the volume of water applied allowed an increase in fruit yield of 32%.

**Keywords:** *Passiflora edulis* Sims; fruit productivity; depletion factor, critical limits.

## 2.3 INTRODUÇÃO

Pertencente à família Passifloraceae, *Passiflora* é o gênero mais importante economicamente em escala global, destacando-se duas formas botânicas de *P. edulis* Sims (maracujazeiro-amarelo e maracujazeiro-roxo) (OCAMPO et al., 2016). O Brasil é o maior produtor mundial de frutos de maracujazeiro (SÁ et al., 2021), comercializado tanto para a indústria como para o consumo *in natura* (UCHÔA et al., 2018; DINIZ et al., 2020; NOGUEIRA et al., 2021). No ano de 2019 a produção nacional estimada foi 593.429 toneladas de frutos, com produtividade média de 16,167 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Dentre as regiões do Brasil, a Nordeste destaca-se com aproximadamente 65% da produção nacional, seguida das regiões Sudeste e Sul, com aproximadamente 15 e 11%, respectivamente (IBGE, 2020).

Apesar dessa expressividade no cenário nacional, na safra de 2019 a produtividade média na região Nordeste (13, 369 t ha<sup>-1</sup>) ficou abaixo daquelas obtidas nas regiões Sul (20, 503 t ha<sup>-1</sup>) e Centro-Oeste (19, 153 t ha<sup>-1</sup>). Em anos anteriores esse comportamento tem se mantido (FREIRE et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012; SILVA et al., 2016; CORDÃO, 2019; SÁ et al., 2021).

Como muitos pomares no Nordeste brasileiro o maracujazeiro é explorado em condições de sequeiro (SILVA et al., 2019; MORAIS et al., 2020), esse decréscimo na produtividade média nos últimos anos é reflexo da distribuição irregular da precipitação pluviométrica (ARAÚJO et al., 2013), pois a ocorrência de déficits hídricos na fase de produção pode induzir o abortamento de flores e frutos, além da deformação dos frutos, sendo que o maracujazeiro desenvolve-se bem em regiões com precipitações entre 1.200 e 2.000 mm bem distribuídas ao longo do ano (RAMALHO et al., 2011).

Nesse sentido, o uso da irrigação assume papel importante para garantir uma boa produção e qualidade dos frutos do maracujazeiro (FREIRE et al., 2014; SOUZA; RIBEIRO, 2016; SOUZA et al., 2018). Porém, na maioria das áreas irrigadas a aplicação da lâmina de irrigação é feita sem qualquer critério técnico-científico (KOETZ et al., 2013; DUTRA et al., 2018). Ou seja, o tempo de funcionamento do sistema ou o volume de água aplicado na irrigação é decidido de forma arbitrária. Quando o manejo é realizado corretamente a lâmina de irrigação deve ser aplicada no momento oportuno - antes que a disponibilidade de água no solo seja reduzida a níveis que reduza a produtividade da cultura - e em quantidade adequada, respeitando-se a capacidade do solo em armazenar água.

O manejo da irrigação pode ser conduzido por vários métodos, por exemplo, em função da evapotranspiração ou a partir do monitoramento do potencial da água no solo relacionando-se com teor de umidade no mesmo (SILVA et al., 2016; SAHA et al., 2020; LIU et al., 2021). A

cada irrigação aplica-se determinada lâmina de água, sendo o conceito de capacidade de campo utilizado como referência para o cálculo do volume máximo de água a ser aplicado na irrigação.

Os potenciais de água no solo na capacidade de campo foram estabelecidos de acordo com a classe textural do solo, entre -6 e -10 kPa para solos arenosos e - 33 kPa para solos de textura argilosa (BRITO et al., 2011; VORIES; SUDDUTH, 2021). A associação de tais valores aos respectivos valores de umidade do solo são geralmente obtidos em laboratórios por meio de pequenas amostras de solo e despreza as alterações na dinâmica da água na região do bulbo molhado devido ao crescimento radicular, variações nos teores de matéria orgânica e alterações químicas devido ao processo de fertirrigação. Adicionalmente, esses valores não cumprem fisicamente com um critério de drenagem e podem, portanto, não ser confiáveis no que diz respeito ao manejo da irrigação (van Lier, 2017). Assim, é de particular interesse para irrigação automatizada e de precisão a investigação de utilização de valores críticos superiores de potencial de água no solo distintos dos convencionalmente atribuídos ao conceito de capacidade de campo.

Para garantir os benefícios da irrigação, além do manejo adequado para aplicação da lâmina de água, deve-se buscar materiais vegetais que tenham uma maior produtividade por unidade de volume de água aplicada (GAO et al., 2018; ZHOU et al., 2021). Nesse sentido, estudos que avaliam o comportamento do maracujazeiro a diferentes faixas de potenciais de água no solo podem colaborar para o entendimento dos mecanismos de tolerância ao estresse hídrico, visando a seleção de plantas com maior eficiência de uso da água (SOUZA et al., 2018). Em geral, o maracujazeiro é propagado por meio de sementes, mas também pode ser produzido assexuadamente (enxertia ou estaca) (SCHMILDT et al., 2018; FALEIRO et al., 2019).

Formas de propagação podem influenciar na distribuição de raízes, conseqüentemente podem causar efeito na extração de água pelas raízes, nos mecanismos de tolerância a seca com possíveis variações na produção de frutos em resposta ao manejo de irrigação afetando a eficiência de uso da água. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar a produtividade e a eficiência de uso da água do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims, 'BRS Gigante Amarelo') propagado por semente e estaquia sob diferentes estratégias de manejo de irrigação por sensoriamento da água no solo.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.4.1 CAMPO EXPERIMENTAL

O cultivo do maracujá (*Passiflora edulis* Sims, 'BRS Gigante Amarelo') foi conduzido em casa de vegetação instalada na orientação leste/oeste. As instalações fazem parte da área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas - BA, coordenadas geográficas 12° 40 'S, 39 ° 06' W, a 226 m acima do nível do mar. As mudas de maracujazeiro propagadas por semente e estaquia foram oriundas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA. As mudas via estaquia foram obtidas de planta matriz já em fase produtiva. O clima local é do tipo Am de acordo com a classificação Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual de 1.200 mm e temperatura média do ar de 24° C. No interior da estufa, durante o período de estudo, a temperatura média foi de  $27 \pm 2^\circ$  C e a umidade relativa do ar foi de  $74 \pm 5\%$ . Os dados foram medidos continuamente usando um termohigrômetro modelo HMP50 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA), conectado a um datalogger modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4: duas formas de propagação vegetativa (sementes e estacas) e quatro limites superiores de potencial matricial usados para calcular a lâmina de irrigação por gotejamento aplicada com frequência fixa: (-6, -10, -20 e -33 kPa), com quatro repetições (Figura 1).

As linhas de irrigação foram distribuídas nos tanques de cultivo (Figuras 1B e 1C), com um emissor (com vazão de  $4,2 \text{ L h}^{-1}$ ) por planta a uma distância de 0,05 m do caule. Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizado o teste de uniformidade de distribuição de água, em seguida calculado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC = 96%).

As plantas foram estaqueadas em espaldeira vertical, com arame a 1,8 m de altura da base da planta.



**Figura 1.** Desenho experimental (A), plantas aos 50 (B), 100 (C) e 500 dias após o transplântio (DAT).

O estudo ocorreu entre os meses de novembro de 2019 e junho de 2020 (segundo ciclo de produção do maracujá), com a cultura implantada em fevereiro de 2018 em tanques de cultivo.

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso (68% de areia, 21% de silte e 11% de argila), textura franco-arenosa, com densidade total de  $1,31 \text{ kg dm}^{-3}$ , densidade de partículas de  $2,69 \text{ kg dm}^{-3}$  e porosidade total de 51,3%. As propriedades hidráulicas do solo foram obtidas por modelagem inversa usando o software Hydrus - 1D (ŠIMŮNEK et al., 2016). Para realizar a modelagem inversa, inicialmente o solo descoberto no lisímetro de pesagem foi inundado, enquanto o sistema de drenagem foi mantido aberto. Após atingir o equilíbrio entre os volumes de água aplicada e drenada, o sistema de drenagem foi fechado e o abastecimento de água interrompido. Nessa condição, o solo foi considerado totalmente saturado e a evaporação do solo ocorreu nos 26 dias seguintes. Durante este período, as variações no conteúdo de água do solo foram medidas automaticamente usando quatro sondas TDR instaladas a 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m de profundidade. As variações de evaporação foram obtidas através da variação da massa registrada pelo lisímetro de pesagem.

O teor de água do solo e os dados de evaporação foram medidos no intervalo de 1 h. Com base nesses dados, usando o Hydrus - 1D (ŠIMŮNEK et al., 2016), a Equação de Richards foi utilizada para estimar o fluxo de água no solo (Equação 1).

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\theta) \left( \frac{\partial h(\theta)}{\partial z} - 1 \right) \right] \quad (1)$$

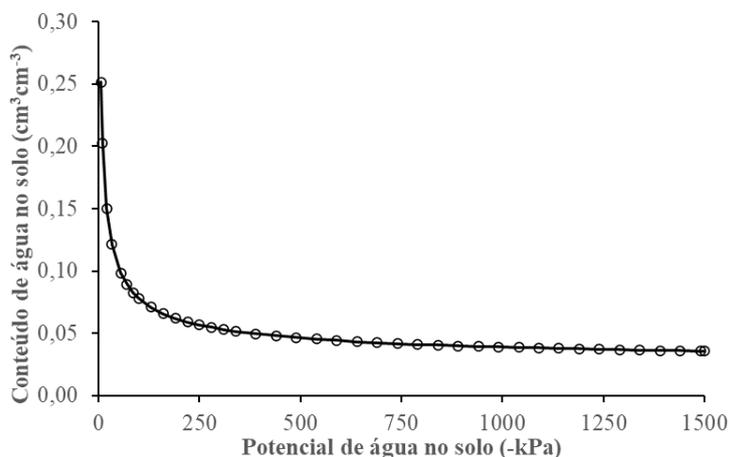
Em que:  $h$  é a pressão de água no solo ( $\text{m H}_2\text{O}$ );  $\theta$  é o conteúdo de água no solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ );  $t$  é o tempo (h);  $z$  é a coordenada vertical (m);  $K(\theta)$  representa a função condutividade hidráulica do solo ( $\text{m h}^{-1}$ ).

A curva de retenção de água no solo (Equação 2 e Figura 2) e a curva de condutividade de água no solo (Equação 3) foram obtidas conforme Van Genuchten-Mualem (MUALEM, 1976; Van GENUCHTEN, 1980).

$$\begin{cases} \theta(h) = \theta_s & h \geq 0 \\ \theta(h) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[ \frac{1}{1 + |\alpha h|^n} \right]^{(1 - \frac{1}{n})} & h < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$K(\theta) = K_s S_e^\lambda \left[ 1 - \left( 1 - S_e^{\frac{n}{n-1}} \right)^{1 - \frac{1}{n}} \right]^2 \quad (3)$$

Em que:  $S_e$  é a saturação efetiva, definida como  $S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r)$ .  $\theta_r$  e  $\theta_s$  são os conteúdos de água residual e saturado ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), respectivamente;  $K_s$  é a condutividade hidráulica saturada do solo ( $\text{m h}^{-1}$ );  $\alpha$  ( $\text{m}^{-1}$ );  $n$  e  $\lambda$  são parâmetros empíricos.



**Figura 2.** Curva de retenção de água no solo - relação entre o conteúdo de água ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e o potencial matricial de água (kPa) obtida via modelagem inversa.

No Hydrus-1D, os parâmetros hidráulicos do solo ( $\alpha$ ,  $n$ ,  $\lambda$  e  $K_s$ ) são determinados minimizando a diferença entre o observado e o simulado nas variáveis espaço-temporais  $\theta$  ou  $h$ . No caso do presente estudo, a variável utilizada foi  $\theta$  (obtido por TDR). Assim, a diferença total obtida entre os valores de  $\theta$  observados e simulados foi expressa por uma função objetivo,  $\Phi$ , conforme a Equação 4.

$$\Phi(\theta, \beta) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} [\theta_{TDR,j}(z_i, t_i) - \theta_{PRED,j}(z_i, t_i, \beta)]^2 \quad (4)$$

Em que: o lado direito da equação representa o resíduo entre o conteúdo de água no solo observado na TDR ( $\theta_{TDR}$ ) no tempo  $t_i$  para  $j$ th medidas em  $z_i$ , e os correspondentes valores de conteúdo de água no solo estimados ( $\theta_{EST}$ ) utilizando os parâmetros hidráulicos do solo otimizados em  $\beta$  ( $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ,  $K_s$  e  $\lambda$ );  $m$  é o número de diferentes locais de medidas de  $\theta$ ;  $n$  é o número de medidas realizadas em 1 m.

A minimização da função objetiva  $\Phi$  é realizada utilizando o método de minimização não-linear de Levenberg-Marquardt. Os indicadores estatísticos resultantes da minimização para obtenção de  $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ,  $K_s$  e  $\lambda$  encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Parâmetros hidráulicos do solo obtido por modelagem inversa.

$\theta_s$	$\theta_r$	$\alpha$	$n$	$\lambda$	$K_s$	$R^2$	RMSE
$m^3 m^{-3}$		$m^{-1}$			$m h^{-1}$		
0,472	0,022	5,5	1,52	0,008	$3 \times 10^{-3}$	0,93	0,006

Com os parâmetros da Tabela 1, o potencial matricial da água do solo foi estimado com base nos valores de  $\theta$  obtidos com o uso do TDR. A Tabela 2 mostra os valores do teor de água no solo em cada tratamento ( $\theta_{trat}$ ,  $cm^3 cm^{-3}$ ) correspondentes aos limites de potencial matricial ( $\Psi$ , kPa) estabelecidos com base na curva de retenção de água no solo obtida por modelagem inversa (Figura 2).

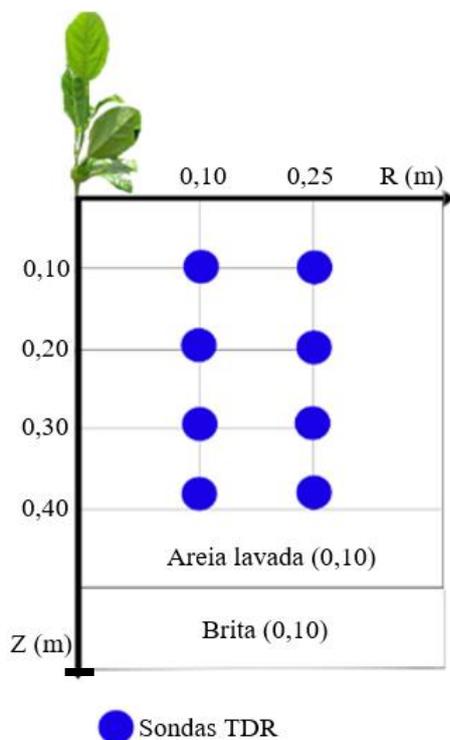
**Tabela 2.** Conteúdos de água no solo correspondentes a cada limite crítico superior de potencial matricial utilizado.

$\Psi_m$ (kPa)	$\theta_{trat}$ ( $cm^3 cm^{-3}$ )
- 6	0,2517
-10	0,2029
-20	0,1501
-33	0,1212

#### 2.4.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

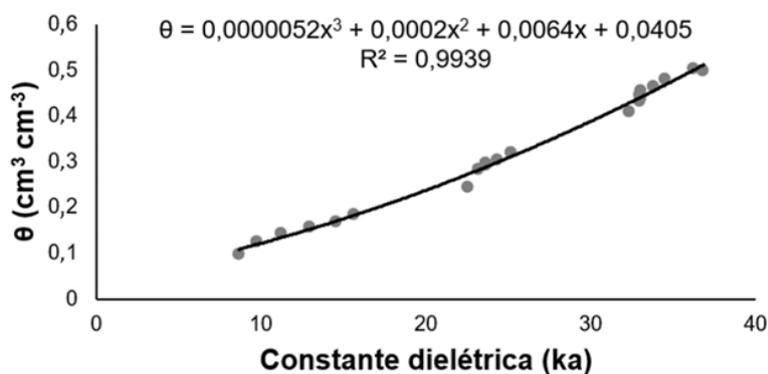
As irrigações foram realizadas em turno de rega fixo a cada dois dias, observando-se o retorno da umidade do solo para próximo dos valores correspondentes aos potenciais matriciais de -6, -10, -20 e -33 kPa, representando faixas de limites críticos superiores para definição do tempo de irrigação, ou seja, estes valores corresponderam ao limite máximo de umidade do solo para desligamento da bomba de irrigação.

A definição de quanto irrigar (lâmina de água a ser aplicada) foi baseada no monitoramento contínuo da umidade no solo em um lisímetro por tratamento, empregando-se oito sondas TDR (três hastes de 0,1 m, espaçadas em 0,017 m) integradas com a TDR 100 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA), multiplexadores SDMX50 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA) e datalogger CR 1000 para aquisição dos dados (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA). As sondas TDR foram instaladas bidimensionalmente (4 x 2) no perfil do solo (em um único lado da planta): quatro profundidades (Z) (0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 m) e duas distâncias horizontais do colo da raiz (R) (0,10 e 0,25 m) (Figura 3).



**Figura 3.** Desenho esquemático bidimensional representando o monitoramento contínuo da umidade do solo.

As sondas TDR foram calibradas com base na relação entre os valores da constante dielétrica aparente ( $k_a$ ) e o teor de água no solo ( $\theta$ ) obtido por secagem em estufa e pesagem. Sequencialmente, obteve-se a equação polinomial cúbica que permitiu estimar a umidade do solo com base nas leituras realizadas pelo TDR (Figura 4).

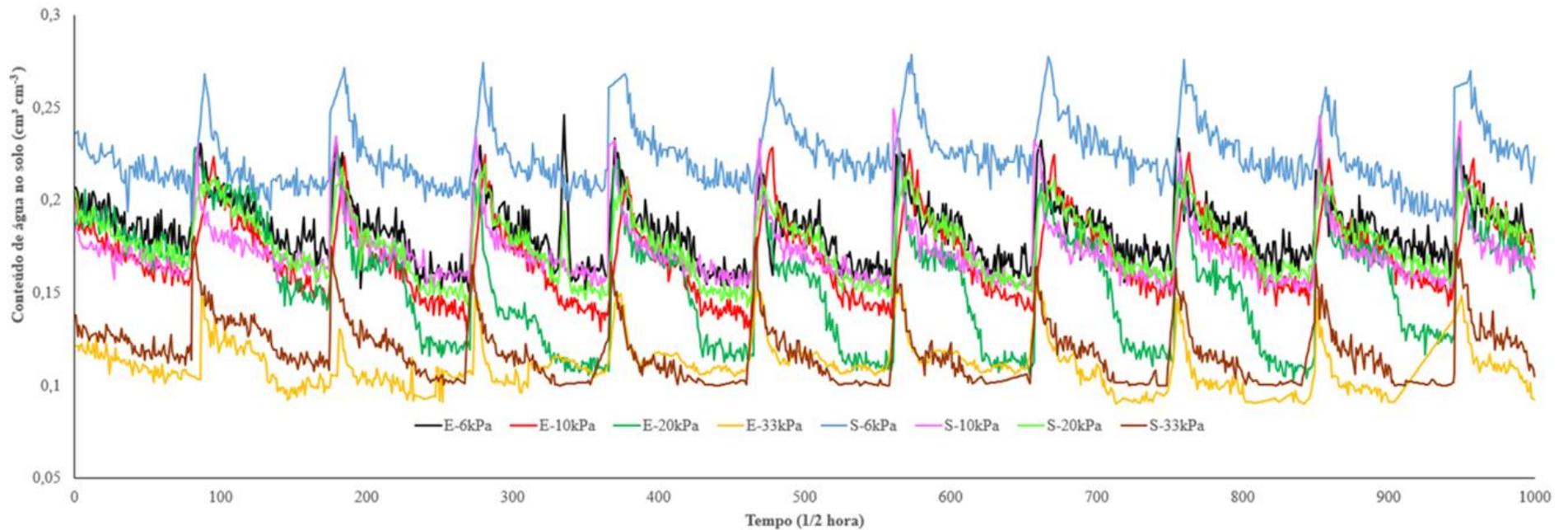


**Figura 4.** Relação entre os valores da constante dielétrica aparente ( $k_a$ ) e o teor de água no solo ( $\theta$ ) obtidos a partir de sondas TDR.

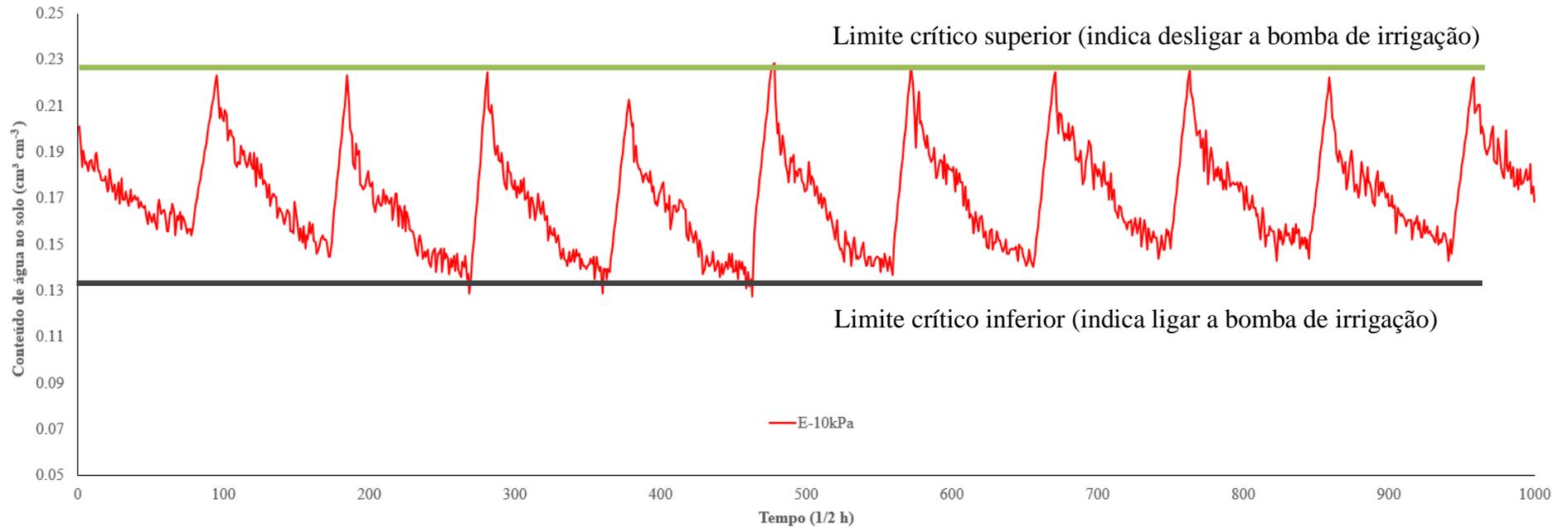
A lâmina total de água aplicada (mm) e o volume total de água aplicado por planta ( $L \text{ planta}^{-1}$ ) foram calculados para o período de experimento de 200 dias. A lâmina total foi calculada pela soma das lâminas de irrigação aplicadas a cada irrigação. O volume total foi obtido dividindo a lâmina total pela área do bulbo úmido calculado ( $0,5 \text{ m}^2$ ).

Com os dados de conteúdo de água no solo ( $\theta$ ) obtidos durante o período experimental foi possível determinar as faixas de disponibilidade de água que as plantas foram submetidas em cada tratamento (Figura 5). Para esta análise foram utilizados dados de sondas TDR obtidos a cada meia hora em um turno de rega fixo a cada dois dias, totalizando 1000 leituras de cada sensor. A partir dos dados de conteúdo de água no solo (Tabela 2), foram calculados os seguintes valores temporais médios de teor de água no solo: 0,21, 0,16, 0,11 e 0,08  $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  correspondentes aos potenciais de água no solo de -6, -10, -20 e -33 kPa, respectivamente. A partir desses valores, foi calculado fator de esgotamento de água médio no solo “F” correspondente a cada tratamento (Equação 6).

Para fins didáticos, a Figura 6 apresenta a variação do conteúdo de água no solo do maracujazeiro-amarelo propagado por estaquia (E) submetido a faixa de limite crítico superior de potencial matricial de água no solo (-10 kPa). É destacada na imagem os limites críticos superior e inferior dos respectivos conteúdos de água no solo que indicam o momento de desligar e ligar a bomba de irrigação, respectivamente.



**Figura 5.** Variação do conteúdo de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) do maracujazeiro-amarelo propagado por semente (S) e estaquia (E) submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial matricial de água no solo (-6, -10, -20 e -33 kPa) durante 10 intervalos de irrigações no período de floração-frutificação.



**Figura 6.** Variação do conteúdo de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) do maracujazeiro-amarelo propagado por estaquia (E) submetido a limite crítico superior de potencial matricial de água no solo (-10 kPa) durante 10 intervalos de irrigações no período de floração-frutificação.

### 2.4.3 VARIÁVEIS AVALIADAS

A colheita do maracujá foi realizada três vezes por semana, entre os meses de janeiro e junho de 2020. Foram considerados para a colheita frutos inteiros, com coloração parcial ou totalmente amarela e / ou caídos ao solo. Foram contabilizados o número de frutos por planta (NFP) e a massa total do fruto e endocarpo (polpa com sementes). O número de frutos por hectare (NFH), a produção de frutos por planta (PFP, kg) e a produtividade por hectare (PFH, t ha<sup>-1</sup>) também foram estimados.

A eficiência do uso da água foi calculada com base na produtividade do fruto (PF, kg) (EUApf) ou na produtividade da polpa (PP, kg) (EUApp) dividida pelo volume de água acumulado (m<sup>3</sup>) durante o período de cultivo (Equação 5).

$$EUA \text{ (kg m}^{-3}\text{)} = \frac{PF \text{ ou } PP}{VAP} \quad (5)$$

Em que: PF- produtividade do fruto inteiro (kg); PP- produtividade da polpa do fruto (endocarpo) (kg) e VAP-volume de água total aplicado (m<sup>3</sup>).

O fator “F” médio foi calculado fazendo a relação da diferença entre o limite crítico superior e o limite crítico inferior e a diferença entre o limite crítico superior e o limite crítico no ponto de murcha permanente (PMP), considerando, conforme curva de retenção, PMP igual a 0,0357 (Equação 6).

$$f = \frac{LS-LI}{LS-L_{pmp}} \quad (6)$$

Em que: LS-limite crítico superior; LI-limite crítico inferior e L<sub>pmp</sub>- limite crítico no ponto de murcha permanente (0,0357).

### 2.4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

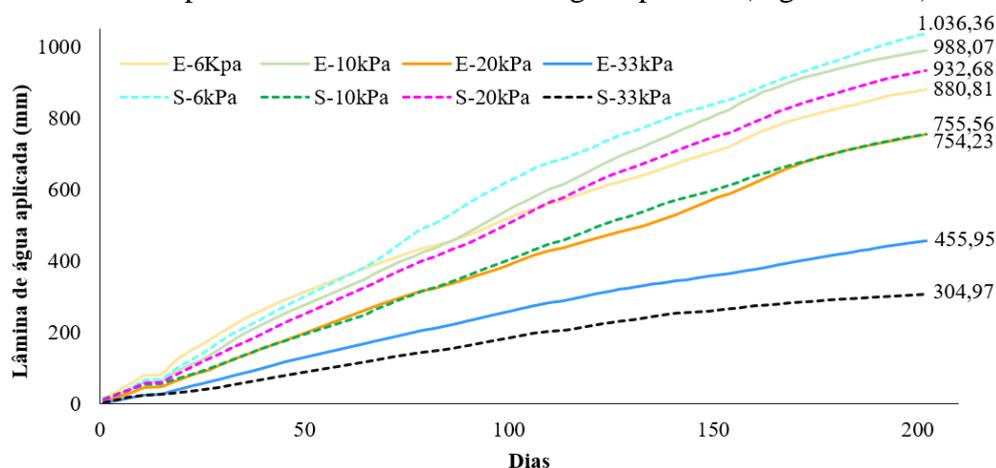
Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, sendo as médias obtidas em função das formas de propagação comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade e os potenciais matriciais de água no solo por análise de regressão polinomial.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

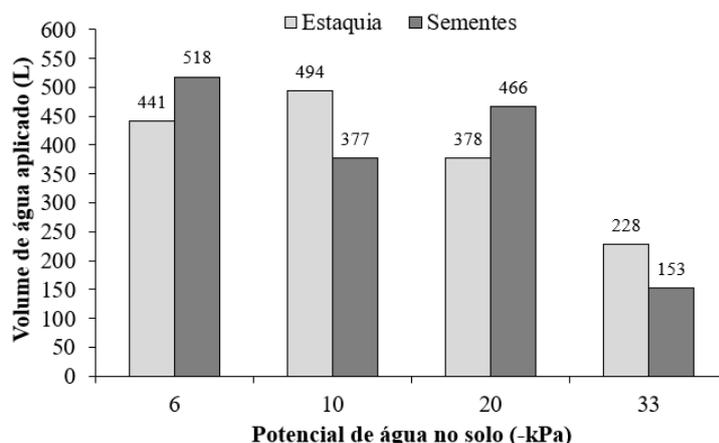
A Figura 7 mostra as diferentes lâminas totais de água aplicadas durante o período de estudo, de acordo com os limites críticos superiores (LS) do potencial mátrico da água no solo (PM) e os métodos de propagação do maracujazeiro. A maior lâmina de irrigação (1.036,36 mm) foi aplicada em plantas propagadas por sementes, quando o potencial matricial de -6 kPa foi utilizado como LS. Para plantas propagadas por estaca e sob o mesmo LS (-6 kPa), a lâmina de irrigação foi de 880,81 mm, com redução comparativa de aproximadamente 15% na lâmina aplicada. Esse fato indica a influência do tipo de propagação na intensidade de extração de água e reforça a importância do monitoramento do teor ou potencial de água do solo nas lavouras irrigadas.

Nos tratamentos em que a irrigação foi realizada com o objetivo de elevar a umidade do solo a valores correspondentes ao LS de potencial matricial de -33 kPa, houve uma inversão do efeito do método de propagação, ou seja, maior lâmina de irrigação (455,95 mm) foi obtido para estaquia e inferior (304,97 mm) para as sementes (Figura 7).

O maracujazeiro-amarelo reproduzido por semente geralmente apresenta alta heterogeneidade, tanto no vigor da planta quanto na quantidade, tamanho e forma dos frutos (JESUS et al., 2018), porém quando propagados por estacas apresentam alta uniformidade (SALOMÃO et al., 2002), o que pode repercutir na produtividade (OLIVEIRA et al., 2002) e, e necessidade de água pela cultura. No entanto, os resultados do presente estudo indicam que tanto as plantas reproduzidas por sementes quanto as propagadas por estacas (originadas de uma planta-mãe em fase reprodutiva) apresentaram irregularidades. Isso é evidenciado nas oscilações da lâmina aplicada e no volume total de água aplicado (Figuras 7 e 8).



**Figura 7.** Lâmina de água aplicada no cultivo do maracujazeiro propagado por estaquia (E) e por sementes (S) submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo.



**Figura 8.** Volume de água aplicado por planta (L) no cultivo do maracujazeiro propagado por estaquia e por sementes submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo.

Comparando os métodos de propagação, a soma do volume total de água aplicada (Figura 8) não apresenta diferenças discrepantes: 1.514 L planta<sup>-1</sup> (sementes) e 1.541 L planta<sup>-1</sup> (estacas), porém ao avaliar no método de propagação dentro de cada LS adotado, verifica-se que as plantas reproduzidas por sementes demandaram mais água, quando PM de -6 e -20 kPa (518 e 466 L planta<sup>-1</sup>, respectivamente) foram adotados como LS. As plantas propagadas por estacas necessitaram de maior volume de água quando os PM de -10 e -33 kPa (494 e 228 L planta<sup>-1</sup>) foram adotados como LS para o manejo da irrigação. A diferença entre os valores médios da lâmina ou volume de irrigação aplicados nos tratamentos (Figuras 7 e 8) pode ser explicada levando-se em consideração os valores de LS e LI obtidos no manejo da irrigação (Tabela 3).

Com exceção do volume de água aplicado observado - quando o PM de -6 kPa (441 L planta<sup>-1</sup>) foi usado como LS para o manejo da irrigação - os resultados apresentados por plantas originadas de estacas diminuíram com uma tendência linear à medida que os potenciais matriciais diminuíram, isto é, exibiram um padrão de redução de volume de água aplicado constante diretamente proporcional à redução da umidade do solo (Figura 7).

A Tabela 3 apresenta médias dos valores dos limites críticos superiores (LS) e inferiores (LI) do conteúdo de água no solo ( $\theta$ ), correspondente aos potenciais matriciais de água no solo (PM) aplicados no maracujazeiro propagado por estaquia e sementes, considerando valores médios obtidos na zona de raízes (profundidade =0,40 m). No manejo da irrigação, o LI indica o momento de “ligar” e o LS “desligar” o sistema de irrigação (Figura 6). Essa informação, além de fornecer fundamento para o produtor de maracujá-amarelo irrigar no tempo e volume d’água adequados, é especialmente útil para sistemas de irrigação automatizados que utilizam dados

de sensores de água no solo para acionar, após cálculo do manejo da irrigação adotado, o conjunto motobomba ou válvulas dos setores de irrigação.

**Tabela 3.** Médias dos limites críticos (LC), superiores (LS) e inferiores (LI) do conteúdo de água no solo ( $\theta$ ,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) para o maracujazeiro cultivado sob diferentes formas de propagação (estacas e sementes) e potenciais matriciais de água no solo (PM).

	Estacas				Sementes			
	Potenciais matriciais de água no solo (PM)							
	-6	-10	-20	-33	-6	-10	-20	-33
	LC PM (kPa)							
LS	-7,5	-8,4	-7,9	-28,4	-5,5	-6,3	-9,1	-16,2
LI	-17,2	-20,1	-30,1	-62,0	-11,4	-19,6	-19,5	-52,1
	LC $\theta$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )							
LS	0,2299	0,2180	0,2246	0,1292	0,2613	0,2469	0,2112	0,1648
LI	0,1603	0,1496	0,1258	0,0937	0,1913	0,1512	0,1517	0,1004
f	0,3583	0,3748	0,5229	0,3794	0,3100	0,4531	0,3389	0,4984

f – fator de depleção de água no solo médio, considerando ponto de murcha permanente igual a  $0,0357 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ .

Ocorreu variação no potencial matricial médio da água dos limites críticos superiores (LS) entre -5,5 kPa (S -6 kPa, plantas propagadas por semente sob potencial hídrico de -6 kPa) e -28,4 kPa (E -33 kPa, plantas propagadas por estacas sob potencial hídrico de -33 kPa) na zona da raiz (Tabela 3). Da mesma forma, as plantas S -6 kPa apresentaram maiores valores nos limites críticos inferiores (LI) (-11,4 kPa), enquanto as plantas E -33 kPa (-62,0 kPa) apresentaram valores menores. Isso, obviamente, também foi visto na análise do conteúdo de água do solo  $\theta$  ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) correspondente a 0,2613 (S -6 kPa) e 0,1292  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  (E -33 kPa) LS e 0,1913 (S -6 kPa) e 0,0937  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  (E -33 kPa) LI. Ressalta-se que as plantas S -33 kPa demandaram menores volumes de água, enquanto as plantas S -6 kPa demandaram maiores volumes, com variação da lâmina d'água aplicada entre 304,97 e 1.036,36 mm, respectivamente (Figura 7).

O fator de depleção de água no solo (f) variou entre 0,3100 (-6 kPa) em plantas propagadas por sementes e 0,5229 (-20 kPa) por estacas. O maior consumo de água geralmente exige valores menores de "f" e vice-versa (ANDRADE et al., 2006). Porém, no presente estudo, as

plantas oriundas de estacas submetidas a um potencial matricial de -20 kPa como LS apresentaram um “f” acima de 0,50 (0,5229), diferente das demais que apresentaram um “f” médio de 0,3875, este pode estar relacionado à adaptação radicular de plantas reproduzidas assexuadamente (estaquia e enxertia) sob condições de irrigação. Em um estudo com limão Cravo ‘Santa Cruz’, Santos et al. (2017) demonstraram que sob irrigação, plantas enxertadas com porta-enxertos da mesma espécie apresentam maior comprimento de raiz em comparação com plantas reproduzidas por sementes. A este respeito, não se conhece relatos sobre a cultura do maracujá sob diferentes métodos de propagação e potencial matricial da água do solo, avaliando a produtividade, tampouco a eficiência de uso da água.

As formas de propagação (FP) (sementes e estacas) estabelecidos no presente estudo não causaram efeito significativo ( $p > 0,05$ ) sobre a produtividade ou eficiência do uso da água (Tabela 4). Nesse sentido - uma vez que houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) da fonte de variação limites críticos superiores (LS) sobre as variáveis (Tabela 4) - foram representadas graficamente na Figura 11 os fatores “f” calculados para as médias do potencial matricial de água do solo adotado em LS.

Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) do LS do potencial matricial de água no solo em todas as variáveis analisadas: número de frutos por planta (NFP) e por hectare (NFH), produção de frutos por planta (PFP), produtividade por hectare (PFH) e eficiência do uso da água em função dos frutos (EUAF) e da polpa dos frutos (EUAP). As formas de propagação tiveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) apenas no NFP e NFH. Houve interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre as formas de propagação e o LS sobre NFP, NFH, PFP e PFH (Tabela 4).

As plantas de maracujá propagadas por sementes e estacas apresentaram médias totais de 4,81 kg de PFP, 16,03 t ha<sup>-1</sup> de PFH, 9,31 kg m<sup>-3</sup> de EUAF e 4,64 kg m<sup>-3</sup> de EUAP. Considerando que o presente estudo foi realizado no período de sete meses, os resultados das médias específicas de PFH para as plantas propagadas por semente (16,97 t ha<sup>-1</sup>) e estacas (15,10 t ha<sup>-1</sup>) (Tabela 4), foram satisfatórias, pois superaram a média anual nacional (14 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2020). Além dos efeitos de LS e da interação LS x FP tiveram na produtividade da cultura, essa poderia ter sido ainda melhor devido ao período em que foi realizado o estudo (segundo ano do ciclo produtivo da cultura), quando normalmente há redução gradual da produtividade do maracujá (MELETTI, 2011).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, do número de frutos por planta (NFP) e por hectare (NFH), produtividade de frutos por planta (PFP, kg) e por hectare (PFH, t ha<sup>-1</sup>), eficiência do uso da água em função dos frutos (EUA<sub>f</sub>, kg m<sup>-3</sup>) e em função da polpa dos frutos (EUA<sub>p</sub>, kg m<sup>-3</sup>) do maracujazeiro oriundo de duas formas de propagação (FP) e submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo (LS).

FV	GL	NFP	NFH	PFP	PFH	EUA <sub>f</sub>	EUA <sub>p</sub>
LS (A)	3	1.118,25**	7,95 x 10 <sup>-9**</sup>	39,18**	435,05**	41,57**	12,59**
FP (B)	1	946,12**	6,73 x 10 <sup>-9**</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	27,82 <sup>ns</sup>	12,56 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
A x B	3	490,87**	3,49 x 10 <sup>-9**</sup>	10,65**	118,32**	12,29 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>
Erro	24	-	-	-	-	-	-
CV (%)		11,95	11,95	25,08	25,08	22,92	22,93
FP		Médias <sup>#</sup>					
Estaquia		26,44	88.125	4,53a	15,10a	8,69a	4,72a
Semente		-	-	5,09a	16,97a	9,94a	4,55a

FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; \*\* – significativo ao nível de 0,01 de probabilidade e ns – não significativo pelo teste F; # Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

No desdobramento dos fatores em estudo para o NFP e NFH (Figuras 9A e 9B, respectivamente), houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) entre as médias em função do método de propagação em cada um e todos os LS (-6, -10, -20 e -33 kPa). Avaliação do LS em cada método de propagação: para estacas não houve ajuste de nenhum modelo matemático linear (média de 26,44 frutos por planta e 88.125 frutos ha<sup>-1</sup> para NFP e NFH, respectivamente), enquanto para propagação via sementes houve comportamento polinomial quadrático, expressando aumento de produtividade até o LS -20 kPa e redução acentuada no LS -33 kPa.

As plantas reproduzidas por sementes com o LS definido em -6, -10 e -20 kPa incorreram em NFP e NFH maiores do que aquelas de plantas propagadas por meio de estacas. No LS com o menor potencial matricial de água no solo (-33 kPa), as plantas cultivadas a partir de estacas superaram as cultivadas em sementes em aproximadamente 37% para essas variáveis.

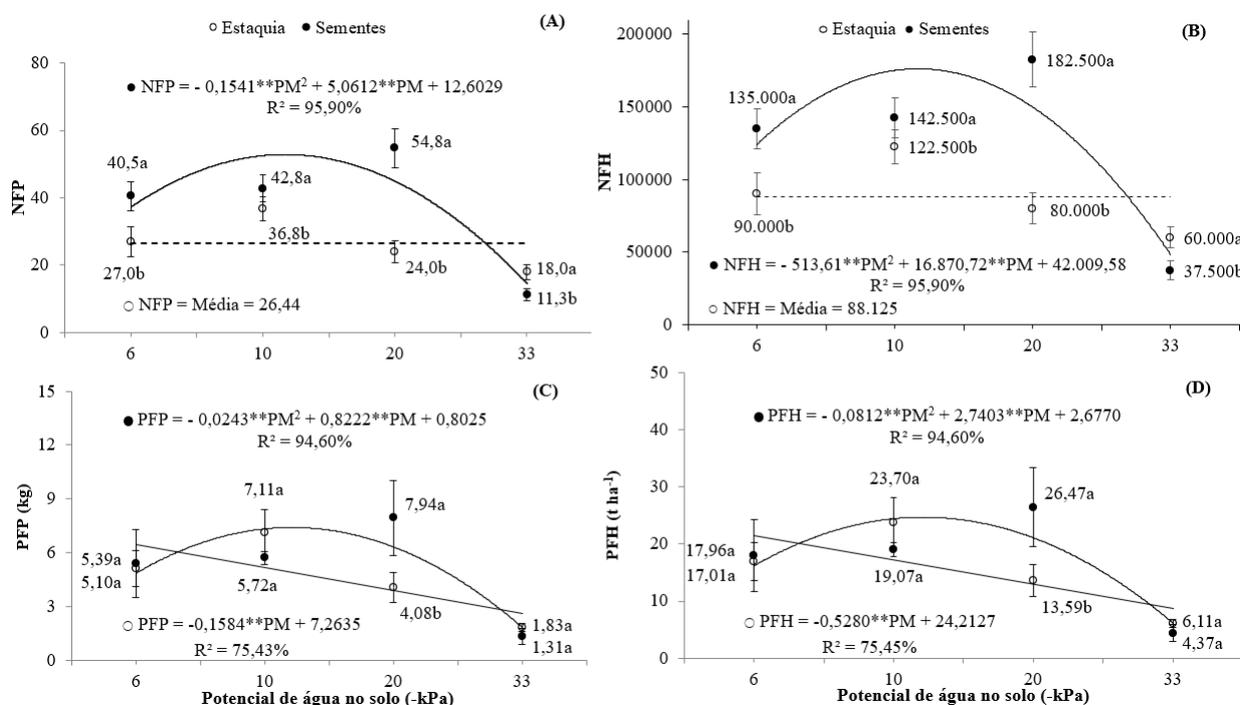
Também com tendência linear, pode-se afirmar que houve diminuição do PFP e PFH das plantas propagadas por estacas conforme redução da umidade do solo (menor LS), ou seja, a produtividade dessas plantas está diretamente relacionada ao LS (Figuras 9C e 9D). Conforme explicitado, nos dois menores LS (-20 e -33 kPa), as plantas propagadas por meio de estacas foram mais sensíveis às reduções de água disponível pelas plantas, pois apresentaram médias abaixo da média nacional (14 t ha<sup>-1</sup>). A maior produtividade média ocorreu no LS de -10 kPa

(7,11 kg para PFP e 23,70 t ha<sup>-1</sup> para PFH). Porém, a linha de tendência confirma que quanto maior a umidade do solo, maior a produtividade do maracujá.

De acordo com as Figuras 9C e 9D, as plantas reproduzidas por sementes apresentaram maior valor de PFP igual a 7,94 kg quando o LS adotado foi fixado em -20 kPa e um menor PFP (1,31 kg) com o LS em -33 kPa. Os aspectos produtivos do maracujá amarelo são afetados negativamente quando os valores do potencial matricial estão abaixo de -14,45 kPa e acima de -3,57 kPa (SOUSA et al., 2006). Durante os estágios críticos de diferenciação e frutificação das flores, recomenda-se que o potencial matricial da água no solo seja mantido acima de -20 kPa de modo a não resultar em estresse hídrico (CARR, 2013). Esse mecanismo induz o fechamento estomático e reduz a assimilação de CO<sub>2</sub>, causando perda de produtividade nas plantas (ORTEGA-FARIAS et al., 2021).

Vale ressaltar que plantas propagadas por sementes só tiveram PFH impactado quando o LS atingiu seu ponto mínimo (-33 kPa) (menor potencial matricial de água no solo), de forma que apresentou média abaixo da referência brasileira. No entanto, verifica-se na análise de PFP e PFH - exceto LS de -20 kPa - não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) entre as médias relacionadas e o método de propagação em qualquer outro LS (-6, -10 e -33 kPa), partindo do pressuposto de que nestes limites a produtividade do maracujá independe do método de propagação.

Medeiros et al. (2020), avaliando a produção do maracujazeiro-amarelo, cultivado sob espaçamento 3,0m x 2,5m, sob diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica e fosfatada, obteve NFP médio entre 58,82 e 70,93 (valores relativamente próximos aos alcançados em plantas propagadas por sementes no presente estudo). Os mesmos autores registraram produtividade de 18,3 t ha<sup>-1</sup> sob irrigação com lâmina equivalente a 100% da evapotranspiração da cultura com adição de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no solo. Esse valor se aproxima da média obtida no presente estudo (16,03 t ha<sup>-1</sup>). Em uma pesquisa de Francisco et al. (2020), com maracujazeiro amarelo cultivado sob espaçamento 3,0m x 2,5m - em que verificaram quais os efeitos da irrigação e do plantio profundo de mudas altas em sistema orgânico sobre a produtividade dos frutos - o NFP variou de 59,33 a 110,83, valores maiores com os aqui encontrados. No mesmo estudo, a produtividade máxima alcançada foi de 16,84 t ha<sup>-1</sup>, semelhante à média obtida no presente estudo.



\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste t de Student; as barras nas médias representam o desvio padrão (n=4); nas figuras dentro de cada potencial matricial (PM) médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

**Figura 9.** Número de frutos por planta -NFP (A) e por hectare – NFH (B), produtividade de frutos por planta – PFP (C) e por hectare – PFH (D) do maracujazeiro propagado por estaquia e sementes e submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo.

Cavalcante et al. (2020) no estado da Paraíba, Brasil, cultivando maracujazeiro sob espaçamento de 3m x 3 m, obteve produtividade máxima igual a 17,2 t ha<sup>-1</sup> com lâminas de irrigação aplicadas a 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) (820,1 L planta<sup>-1</sup>). Dutra et al. (2018) avaliaram o desempenho do maracujazeiro irrigado no semiárido brasileiro, adotando espaçamento de plantio de 4m x 3 m, e obtiveram 11,9 kg planta<sup>-1</sup> como produtividade máxima - acima do PFP médio de 4,81 kg planta<sup>-1</sup> obtido neste estudo - durante a irrigação com uma profundidade estimada em 95,6% da evapotranspiração de referência (média 742 mm ano<sup>-1</sup>).

Rezende et al. (2017) avaliaram o efeito da enxertia de reparo do caule na recuperação de plantas danificadas, produtividade e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo reproduzido assexuadamente em sistema orgânico sob espaçamento de 3,0m x 1,5m. Registraram NFP entre 20,8 e 37,7 na média e produtividade entre 3,8 e 10,35 t ha<sup>-1</sup>. Valores inferiores aos obtidos no presente estudo.

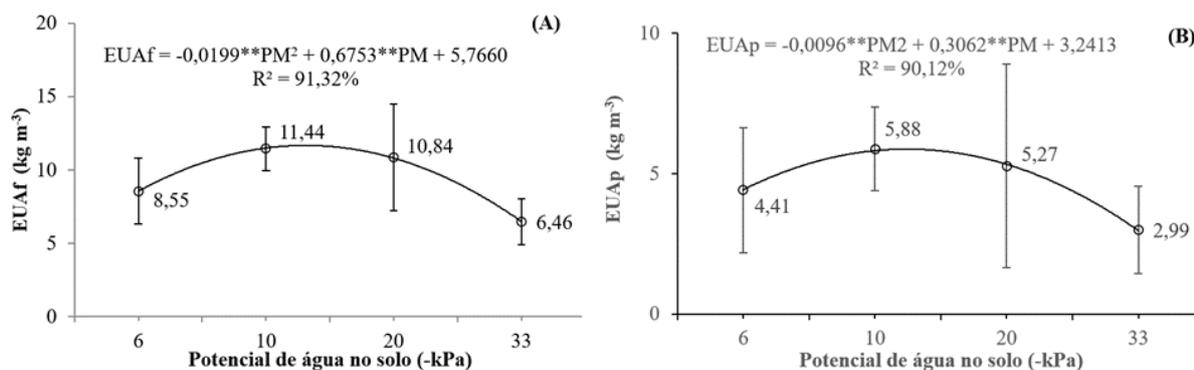
Junqueira et al. (2006), durante a investigação da produtividade de um clone de maracujazeiro propagado por estacas, enxertia e por sementes, cultivado sob espaçamento de 2,5m x 2,5m, obtiveram produtividade estimada em 42,885.50 t ha<sup>-1</sup> por plantas propagadas por estaca, o dobro das plantas enxertadas (21,159.20 t ha<sup>-1</sup>) e aquelas propagadas por sementes (21,385. 60 t ha<sup>-1</sup>)

O cálculo da eficiência do uso da água (EUA) de plantas frutíferas geralmente relaciona a produção de frutos inteiros e a lâmina de irrigação aplicada (SOUSA et al., 2005; CAVALCANTE et al., 2020), porém é viável utilizar o componente do fruto com a maior demanda na indústria de alimentos para o cálculo da EUA. Nesse sentido, Miranda et al. (2019) determinaram a EUA do coqueiro anão verde com base na produtividade de frutas inteiras e da água de coco. No presente estudo, a EUA foi calculada em função da produtividade do fruto (EUAF) e da produtividade da massa de polpa (endocarpo) (EUAp). Não há estudos na literatura relacionados ao EUAp no cultivo do maracujazeiro amarelo.

Ambos EUAF e EUAp foram significativamente afetados pelo LS do potencial matricial da água do solo (-6, -10, -20 e -33 kPa) e, conforme apresentado nas Figuras 10A e 10B, mostraram um comportamento polinomial quadrático com maiores valores de EUAF e EUAp (11,44 e 5,88 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente) correspondendo ao potencial a -10 kPa e menores valores de EUAF e EUAp (6,46 e 2,99 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente) a -33 kPa.

O LS do potencial matricial da água do solo (-6 e -33 kPa) visto nas extremidades das curvas (Figuras 10A e 10B) resultaram em menores EUAF (8,55 e 6,46 kg m<sup>-3</sup>) e EUAp (4,41 e 2,99 kg m<sup>-3</sup>) para PM de -6 kPa e -33 kPa, respectivamente. Isso mostra que tanto o excesso quanto a escassez de água disponível eram prejudiciais para a eficiência de uso da água pela cultura.

Sousa et al. (2005) obtiveram EUAF entre 7,85 kg ha<sup>-1</sup> L<sup>-1</sup> (para maior volume de água aplicado) e 34,05 kg ha<sup>-1</sup> L<sup>-1</sup> (para menor volume de água aplicada) com o maracujazeiro amarelo, demonstrando similaridade com os presentes resultados. Cavalcante et al. (2020) determinaram a EUA para a cultura do maracujazeiro amarelo através da relação entre a produtividade da planta em  $\mu\text{mol}$  de CO<sub>2</sub> e mmol de água (H<sub>2</sub>O) e obtiveram o valor igual a 4,82. Portanto, uma comparação entre os resultados não foi possível.



\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste t de Student; as barras nas médias são o desvio padrão (n=4).

**Figura 10.** Eficiência do uso da água em função da produtividade dos frutos inteiros -  $EUA_f$  (A) e em função da polpa dos frutos -  $EUA_p$  (B) do maracujazeiro propagado por estaquia e sementes e submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo.

Uma faixa potencial centrada em -10 kPa com LS e LI de -6,95 e -19,85 kPa, respectivamente, é recomendada, uma vez que apresentam produção superior de frutos por planta (6,41 kg), produtividade de frutos por hectare (21,38 t ha<sup>-1</sup>) e eficiência de uso da água em relação aos resultados da massa do fruto (11,44 kg m<sup>-3</sup>) e da massa da polpa do fruto (5,88 kg m<sup>-3</sup>).

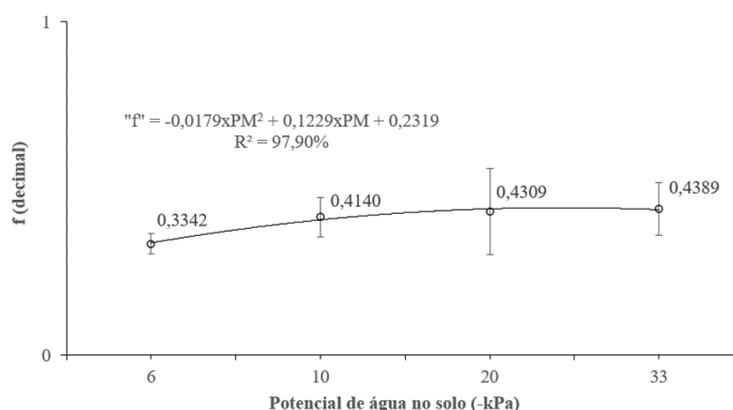
A Figura 11 mostra a relação entre as médias do fator de esgotamento da água no solo e as faixas de LS do potencial da água no solo, considerando os dois métodos de propagação. Há um comportamento quadrático nos dados, inferindo uma tendência de aumento do “f” (fator de depleção) à medida que o potencial matricial diminui, conforme relatado por Andrade et al. (2006).

Os valores médios de “f” obtidos no presente estudo foram atingidos com uma variação de 0,3342 a 0,4389. Para plantas frutíferas tropicais, Allen et al. (1998) recomendam fatores de esgotamento entre 0,30 e 0,50, ou seja, deve ser irrigada quando as plantas tiverem consumido de 30 a 50% da água disponível no solo. Freitas (2019) indicou fator “f” igual a 0,3 para as lavouras irrigadas de maracujazeiro amarelo. No entanto, Sousa et al. (2004) sugeriram que a irrigação na cultura do maracujá deve ser realizada após o consumo de 35% da disponibilidade total de água do solo.

Os resultados do presente estudo demonstraram de forma geral que o estresse hídrico ocorreu em plantas quando submetidas a uma faixa de LS do potencial matricial de água no solo inferior a -20 kPa (fator “f” = 0,4309), principalmente em plantas reproduzidas por estacas. Essas plantas também apresentaram uma redução de aproximadamente 43% na produção de frutos

por planta (PFP) e na produtividade de frutos por hectare (PFH), quando esse potencial diminuiu de -10 para -20 kPa. Já as plantas propagadas por sementes no mesmo LS (-20 kPa) obtiveram maiores PFP (7,94 kg) e PFH (26,47 t ha<sup>-1</sup>), denotando a possível presença de um mecanismo específico nessas plantas para aumento de produtividade devido ao déficit hídrico e menor sensibilidade ao estresse hídrico, conforme destacado por Marouelli et al. (2011).

As plantas submetidas ao potencial matricial de água no solo LS de -33 kPa (mais restritivo de água) e fator “f” igual a 0,4389, apresentaram menor produtividade de maracujá para ambas as formas de propagação, conforme mostrado nas Figuras 9C e 9D (PFP = 1,31 kg e PFH = 4,37 t ha<sup>-1</sup> para as plantas propagadas por sementes e PFP = 1,83 kg e PFH = 6,11 t ha<sup>-1</sup> para as mudas propagadas por estacas), mostrando o impacto do estresse hídrico no desempenho da cultura.



As barras nas médias representam o desvio padrão (n=2).

**Figura 11.** Relação entre os fatores de esgotamento médio de água no solo (“f”, adimensional) e os limites críticos superiores de potenciais matriciais de água no solo submetidos no maracujazeiro propagado por estaquia e sementes.

Valores maiores de eficiência de uso da água foram obtidos quando se adotou LS do potencial de água no solo igual a -10 kPa, fator “f” = 0,4140 (EUA<sub>f</sub> = 11,44 kg m<sup>-3</sup> e EUA<sub>p</sub> = 5,88 kg m<sup>-3</sup>) com média de PFP igual a 6,41 kg e 21,38 t ha<sup>-1</sup> de PFH entre as formas de propagação.

Sabe-se que a definição do momento de irrigar, com monitoramento via solo, pode ser ajustado pelo potencial matricial de água no solo ou pelo fator “f”. No estudo de Brito et al. (2015) os autores avaliaram os dois métodos de manejo da irrigação no cultivo do feijoeiro, concluíram que basear-se no potencial matricial possibilitou melhores resultados em relação aos obtidos via fator de depleção de água do solo (“f”).

Analisando o manejo da irrigação pelos limites críticos superiores de potenciais matriciais de água no solo, é claramente superior os dados médios entre as FPs, de produção de frutos por planta (6,41 kg), produtividade de frutos por hectare (21,38 t ha<sup>-1</sup>), eficiência do uso da água relativos à massa de frutos inteiros (11,44 kg m<sup>-3</sup>) e eficiência do uso da água relativos à massa da polpa dos frutos (endocarpo) (5,88 kg m<sup>-3</sup>) nas plantas quando submetidas a -10 kPa como limite crítico superior. Em concordância com a recomendação de Carr (2013) em se manter no período crítico de floração-frutificação o PM acima de -20 kPa.

## 2.6 CONCLUSÕES

1. As diferentes formas de propagação vegetativa (sementes e estacas) não afetaram a produção de frutos e a eficiência de uso da água do maracujazeiro amarelo irrigado por gotejamento.
2. Os critérios de manejo da irrigação investigados afetaram a produtividade dos frutos e a eficiência de uso da água da planta.
3. A produtividade foi influenciada pela interação entre as formas de propagação e os critérios de manejo da irrigação utilizados.
4. Para o manejo da irrigação via sensor de umidade do solo, recomenda-se um fator “f” entre 0,3342 e 0,4309, conforme observado em maracujazeiros amarelos submetidos a uma faixa adotada de limite crítico superior de potencial mátrico entre -6 kPa e -20kPa.
5. Baseando-se no potencial matricial da água do solo como referência para o manejo da irrigação e os resultados preferenciais de produção de frutos por planta (6,41 kg), produtividade de frutos por hectare (21,38 t ha<sup>-1</sup>) e eficiência de uso da água em relação à massa de frutos (11,44 kg m<sup>-3</sup>) e massa de polpa de fruta (5,88 kg m<sup>-3</sup>), uma faixa de potencial centrada em -10 kPa com limites críticos superior e inferior entre -6,95 a -19,85 kPa é recomendada.
6. Em plantas propagadas por sementes, a redução de aproximadamente 10% no volume de água aplicado possibilitou incremento na produtividade de frutos de 32%.

## 2.7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa.

## 2.8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, C.; ALBUQUERQUE, P.; BRITO, R.; RESENDE, M. **Viabilidade e manejo da irrigação da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12p. (Circular Técnica, 85).

ARAÚJO, H. F.; COSTA, R. N. T.; CRISÓSTOMO, J. R.; SAUNDERS, L. C. U.; MOREIRA, O. C. Technical and economic indicators of the yellow passion fruit tree irrigated with underground water supply. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 940-951, 2013.

ARAÚJO, H. F.; COSTA, R. N. T.; CRISÓSTOMO, J. R.; SAUNDERS, L. C. U.; MOREIRA, O. C.; MACEDO, A. B. M. Produtividade e análise de indicadores técnicos do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes horários. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 159-164, 2012.

BRITO, A. S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Estimativa da capacidade de campo pela curva de retenção e pela densidade de fluxo da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1939-1948, 2011.

BRITO, R. R.; GRASSI FILHO, H.; SAAD, J. C. C.; OLIVEIRA, S. R. M.; RIBEIRO, P. H. P. Níveis de depleção e potencial matricial do solo de textura média na produtividade do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 5, p. 300-309, 2015.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims): a review. **Experimental Agriculture**, Amsterdam, v. 49, n. 4, p. 585-596, 2013.

CAVALCANTE, A. G.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, A. C. P.; ARAÚJO, D. L.; NASCIMENTO, A. P. P.; ZANUNCIO, J. C. Physiology and production of yellow passion fruit with hydroabsorbent polymer and different irrigation depths. **Revista Ceres**, Lavras, v. 67, n. 5, p. 365-373, 2020.

CORDÃO, M. A. **Cultivo do maracujazeiro amarelo sob lâminas de irrigação e consórcio com feijão-caupi**. 2019. 57f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOUZA, L. P.; SOARES, L. A. A.; GHEY, H. R. Phytomass and quality of yellow passion fruit seedlings under salt stress and silicon fertilization. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 11, e3400, 2020.

DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; BRITO, M. E.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, W. F. Photochemical and productive performance of yellow passion fruit irrigated in the Brazilian semiarid. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 6, p. 901-909, 2018.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, e-155, 2019.

FRANCISCO, W. D. M.; ARAÚJO NETO, S. E. D.; UCHÔA, T. L.; SILVA, N. M. D. Productivity and quality of irrigated organic yellow passion fruits in deep planting in Southeastern Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, n. 4, e-584, 2020.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; SOUTO, A. G. L. Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 82-91, 2011.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FREITAS, F. T. O. **Crêterios para o manejo da irriga o via solo no cultivo de maracujazeiro**. 2019. 72 p. Disserta o (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

GAO, X.; HUO, Z.; XU, X.; QU, Z.; HUANG, G.; TANG, P.; BAI, Y. Shallow groundwater plays an important role in enhancing irrigation water productivity in an arid area: The perspective from a regional agricultural hydrology simulation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 208, p. 43-58, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produ o agrícola municipal 2019**. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457/#resultado>>. Acesso em: 07 abr. 2021.

JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A.; LIMA, L. K. S.; SAMPAIO, S. R.; SANTOS, I. S.; JESUS, C. A. S.; ROSA, R. C. C. **Produ o de mudas de maracujazeiro amarelo pelo método de estaquia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 22p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98).

JUNQUEIRA, N. T. V.; LAGE, D. A. C.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R.; BORGES, T. A.; ANDRADE, S. R. M. Rea o a doenças e produtividade de um clone de maracujazeiro-azedo propagado por estaquia e enxertia em estacas herbáceas de *Passiflora* silvestre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 97-100, 2006.

KOETZ, M.; CARVALHO, J. A.; SOUSA, A. M. G.; SOUZA, K. J. Qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo em ambiente protegido e natural produzidos sob diferentes regimes de irriga o. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 115-127, 2013.

LIU, H.; YIN, C.; GAO, Z.; HOU, L. Evaluation of cucumber yield, economic benefit and water productivity under different soil matric potentials in solar greenhouses in North China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 243, 106442, 2021.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irriga o. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.;

PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 158-232.

MEDEIROS, S. A. S.; BEZERRA, M. A. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; FREITAS, C. A. S.; FERREIRA, C. S. Produção e qualidade de maracujazeiro-amarelo sob lâminas de água, adubação fosfatada e matéria orgânica. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 14-26, 2020.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. Especial, p. 83-91, 2011.

MIRANDA, F. R.; ROCHA, A. B. S.; GUIMARÃES, V. B.; SILVA, E. S.; LIMA, G. D. C. M.; SANTOS, M. M. S. Eficiência do uso da água na irrigação do coqueiro anão. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 109-124, 2019.

MORAIS, R. R.; MACÊDO, J. P. S.; CAVALCANTE, L. F.; LOBO, J. T.; SOUTO, A. G. L.; MESQUITA, E. F. Arranjo espacial e poda na produção e qualidade química de maracujá irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 549-561, 2020.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, Washington, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

NOGUEIRA, M. S.; MATIAS, S. S. R.; EVANGELISTA, T. Y. L.; BARROS, B. A. A.; PEREIRA, G. A.; SOUSA, G. B. Growth and initial development of passion fruit plants in different concentrations of biostimulants. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 12, p. 1-5, 2021.

OCAMPO, J.; ARIAS, J. C.; URREA, R. Interspecific hybridization between cultivated and wild species of genus *Passiflora* L. **Euphytica**, Amsterdam, v. 209, n. 2, p. 395-408, 2016.

OLIVEIRA, J. A. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PEIXOTO, J. R.; PEREIRA, A. V. Efeito dos substratos artificiais no enraizamento e no desenvolvimento de estacas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 505-508, 2002.

ORTEGA-FARIAS, S.; ESPINOZA-MEZA, S.; LÓPEZ-OLIVARI, R.; ARAYA-ALMAN, M.; CARRASCO-BENAVIDES, M. Effects of different irrigation levels on plant water status, yield, fruit quality, and water productivity in a drip-irrigated blueberry orchard under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 249, p. 1-10, 2021.

RAMALHO, A. R.; SOUZA, V. F.; SILVA, M. J. G.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; CASSARO, J. D. **Condicionantes agroclimáticas e riscos tecnológicos para a cultura do maracujazeiro em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2011. 10p. (Comunicado Técnico, 372).

REZENDE, M. I. F. L.; ARAUJO NETO, S. E.; LUSTOSA, C.; HAFLE, O.; PINTO, G. P. Grafting for the recovery of yellow passion fruit stem in organic system. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, e-745, 2017.

SÁ, J. R.; TOLEDO, F. H. S. F.; MARIÑO, Y. A.; SOARES, C. R. F. S.; FERREIRA, E. V. O. Growth and nutrition of *Passiflora edulis* submitted to saline stress after silicon application. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 1, e-057, 2021.

SAHA, A.; RATTAN, B.; SEKHARAN, S.; MANNA, U. Quantifying the interactive effect of water absorbing polymer (WAP)-soil texture on plant available water content and irrigation frequency. **Geoderma**, Amsterdam, v. 368, 114310, 2020.

SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, W. E.; DUARTE, R. C. C.; SIQUEIRA, D. L. D. Propagação por estaquia dos maracujazeiros doce (*Passiflora alata* Dryand.) e amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 163-167, 2002.

SANTOS, I. C.; ALMEIDA, A. A. F.; PIROVANI, C. P.; COSTA, M. G. C.; BELLETE, B. S.; FRESCHI, L.; SILVA, M. F. G. F.; SOARES FILHO, W.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA GESTEIRA, A. Differential accumulation of flavonoids and phytohormones resulting from the canopy/rootstock interaction of citrus plants subjected to dehydration/rehydration. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 119, p. 147-158, 2017.

SCHMILDT, E. R.; OLIARI, L. S.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, F. O. R.; SCHMILDT, O. Histological aspects of mini grafting of *Passiflora edulis* Sims. and *Passiflora mucronata* Lam. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, e-174, 2018.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. P.; VELOSO, L. L. S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e55671, 2019.

SILVA, K. M. J.; ASPIAZÚ, I.; PORTUGAL, A. F.; OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, P. M.; SANTOS, S. R.; MOREIRA, J. A. A. Determination of soil water tension for irrigation management of sweet sorghum. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 3, p. 1189-1200, 2016.

SILVA, M. S.; ATAÍDE, E. M.; SANTOS, A. K. E.; SOUZA, J. M. A. Qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo produzidos na safra e entressafra no Vale do São Francisco. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 17, n. 1, p. 41-49, 2016.

SOUZA, V. F. D.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; VIANA, T. V. D. A. Eficiência do uso da água pelo maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 302-306, 2005.

SOUZA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A.; VIANA, T. V. Umidade do solo na zona radicular do maracujazeiro cultivado sob irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 365-373, 2006.

SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 229, p. 77-90, 2018.

SOUZA, S. F.; RIBEIRO, V. G. Yellow passion fruit irrigated in different cropping systems. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 3, e-512, 2016.

ŠIMŮNEK, J.; VAN GENUCHTEN, M. T.; ŠEJNA, M. Recent developments and applications of the HYDRUS computer software packages. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 15, n. 7, p. 1-25, 2016.

UCHÔA, T. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; SELHORST, P. O.; RODRIGUES, M. J. S.; GALVÃO, R. O. Yellow passion fruit performance in organic crop under mulch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, e-212, 2018.

Van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, New York, v. 44, n. 5, p. 892-897, 1980.

Van LIER, Q. J. Field capacity, a valid upper limit of crop available water? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 193, p. 214 -220, 2017.

VORIES, E.; SUDDUTH, K. Determining sensor-based field capacity for irrigation scheduling. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 250, 106860, 2021.

ZHOU, Q.; ZHANG, Y.; WU, F. Evaluation of the most proper management scale on water use efficiency and water productivity: A case study of the Heihe River Basin, China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 246, 106671, 2021.

**3. CAPÍTULO II- QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE  
MARACUJAZEIRO EM FUNÇÃO DAS FORMAS DE PROPAGAÇÃO E  
POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO**

---

II - Artigo aceito para publicação na Revista IRRIGA, vol. 2 em 2021 (Prelo).

## QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE MARACUJAZEIRO EM FUNÇÃO DAS FORMAS DE PROPAGAÇÃO E POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO

### 3.1 RESUMO

No presente estudo foram avaliadas a qualidade físico-química de frutos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims, ‘BRS Gigante Amarelo’) propagado a partir de sementes e estaquia sob diferentes potenciais de água no solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação, entre os meses de novembro de 2019 a junho de 2020, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA. O maracujazeiro foi cultivado em tanques de cultivo, cada um com área superficial de 1,44 m<sup>2</sup> e altura de 0,6 m, preenchidos com solo de textura franco-arenosa. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4: duas formas de propagação vegetativa (semente e estaquia) e quatro potenciais matriciais de água no solo (-6, -10, -20 e -33 kPa), com quatro repetições. Avaliaram-se as massas frescas do fruto e da polpa, diâmetro e comprimento do fruto, razão comprimento/diâmetro do fruto, rendimento da polpa do fruto, espessura da casca, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, razão entre sólidos solúveis totais/acidez total titulável e pH da polpa. As formas de propagação afetaram as principais variáveis da qualidade física dos frutos do maracujazeiro. A qualidade química da polpa dos frutos do maracujazeiro não foi afetada pelos fatores em estudo.

**Palavras-chave:** *Passiflora edulis* Sims, manejo da irrigação, reprodução vegetal.

## PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF PASSION FRUIT UNDER PROPAGATION METHOD AND WATER POTENTIAL IN THE SOIL

### 3.2 ABSTRACT

In the present study, the physico-chemical quality of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims, ‘BRS Gigante Amarelo’) propagated from seeds or cuttings and subjected to different soil water potential were evaluated. The experiment was carried out in a greenhouse, between November 2019 and June 2020, at the Federal University of Recôncavo of Bahia, Cruz das Almas – BA. The passion fruit was grown in drainage lysimeters, each one with a surface area of 1.44 m<sup>2</sup> and 0.6 m high, and filled with sandy loamy soil. The experiment was carried out in a completely randomized design in a 2 x 4 factorial scheme: two forms of vegetative propagation (seed or

cuttings) and four soil water potential (-6, -10, -20 and -33 kPa), with four replicates. Fruit fresh weight, fresh weight of the fruit pulp, fruit diameter and length, fruit length/diameter ratio, fruit pulp yield, rind thickness, total soluble solids, total titratable acidity, total soluble solids/total titratable acidity ratio and pH of the pulp were evaluated. The forms of propagation affected the main physical quality variables of the fruits of passion fruit. The chemical quality of the passion fruit pulp was not affected by the factors under study.

**Keywords:** *Passiflora edulis* Sims, irrigation management, vegetative propagation.

### 3.3 INTRODUÇÃO

Muito aquém da capacidade produtiva, o Brasil é o maior produtor de frutos do maracujazeiro. Elevar a produtividade do maracujazeiro é imperativo para suprir a demanda, pois o volume ofertado não satisfaz o mercado interno, tampouco o externo, isso devido ao aumento do consumo dos frutos *in natura* e para produção de sucos (MALACRIDA; JORGE, 2012; CAVALCANTE et al., 2016).

Em 2019, a produção nacional foi de aproximadamente 600.000 toneladas em uma área de 42.000 hectares (média de produtividade de 14 t ha<sup>-1</sup>), média que se repete há pelo menos cinco anos (IBGE, 2019). Todavia, estudos indicaram possibilidade dessa produtividade atingir entre 30 e 50 t ha<sup>-1</sup> (HAFLE et al., 2009; CAVICHIOLI et al., 2011). Para que esse aumento na produtividade do maracujazeiro ocorra, o manejo da cultura precisa ser aprimorado no controle fitossanitário, polinização, suprimento hídrico e nutricional, além de podas de condução (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016).

Melhorar a qualidade dos frutos do maracujazeiro é tão importante quanto aumentar a produtividade. Nesse propósito, avanços tecnológicos importantes foram obtidos em distintas áreas relativas à reprodução vegetativa de diferentes espécies de maracujazeiro (*Passiflora* spp.) (FALEIRO et al., 2019). O uso de métodos como enxertia e estaquia tem permitido sucesso na aquisição de plantas resistentes à doenças, patógenos, salinidade e ao déficit hídrico, além de geração de cultivares produtivas, uniformes e com frutos com melhores atributos físico-químicos (GOMES et al., 2018; LIMA et al., 2018; SCHMILDT et al., 2018; SOUZA et al., 2018; PEREIRA et al., 2019; CHEN; CHANG; LIN, 2020; JOSEPH; SOBHANA, 2020; MAVI; UZUNOĞLU, 2020; LIMA et al., 2020; MOURA et al., 2020ab).

Água prontamente disponível às plantas em volume e tempo corretos é fator decisivo para o sucesso das lavouras. Lozano-Montaña et al. (2021) estimam que ao menos 40% das

perdas de safras no mundo estejam relacionadas ao estresse hídrico, podendo ser ainda mais grave com as mudanças climáticas já vivenciadas. Ademais, a população mundial tem exigido aumento da produção agrícola (FAO, 2018). Nesse contexto, é essencial estimar as necessidades hídricas das culturas com maior precisão, exigindo que o planejamento e a gestão do uso da água ocorram em termos racionais e otimizados (SILVA et al., 2015a).

Estudos têm sido realizados buscando-se estratégias efetivas de manejo da irrigação para o cultivo do maracujazeiro, inclusive com técnicas de déficit hídrico. Sob irrigação com déficit controlado (66% da evapotranspiração de referência – ETo) para a cultura do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims), Rodríguez-Yzquierdo et al. (2020a) não relataram perdas de produtividade, bem como na qualidade dos frutos. Souza et al. (2018) avaliaram as respostas biométricas, fisiológicas e anatômicas em plantas de diferentes espécies de maracujazeiro submetidos ao déficit hídrico, concluíram que, a *P. alata* e *P. setacea* mostraram-se mais tolerantes ao déficit hídrico comparadas a *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. cincinnata*.

No estudo de Dutra et al. (2018), com o híbrido de maracujá ‘BRS Gigante Amarelo’ (*Passiflora edulis*) irrigado no Semiárido brasileiro, foi relatado que as reposições de água entre 100 e 133% da evapotranspiração de referência – ETo (776 e 1032 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente) promoveram maior produção e melhor qualidade dos frutos. No estudo de Francisco et al. (2020), realizado no sudeste da Amazônia brasileira, a qualidade química dos frutos de maracujazeiro não foi afetada sob cultivo de sequeiro em comparação ao cultivo sob irrigação.

Apesar do avanço em pesquisas abordando a temática das relações hídricas da cultura do maracujazeiro, algumas lacunas ainda existem, como por exemplo, as formas de propagação vegetativa das plantas em interação com o manejo da irrigação baseado em diferentes faixas de potenciais de água do solo. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar a qualidade físico-química de frutos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims, ‘BRS Gigante Amarelo’) propagado a partir de sementes e estaquia sob diferentes potenciais matriciais de água no solo.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.4.1 MATERIAL VEGETAL, DELINEAMENTO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O cultivo de maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims, ‘BRS Gigante Amarelo’) foi conduzido em casa de vegetação (orientação leste/oeste), na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), município de Cruz das Almas – BA (12° 40’ S, 39° 06’ W, ~ 226 m de altitude). A casa de vegetação (com área de 180 m<sup>2</sup>) era do tipo arco simples, protegida lateralmente até a altura do pé direito (3 m) por tela com 50% de sombreamento e o teto coberto com filme de polietileno de 150 µm de espessura (Figuras 1B e 1D). O experimento ocorreu entre os meses de novembro de 2019 a junho de 2020, período relativo ao segundo ano do ciclo produtivo da cultura.

O clima local é do tipo Am de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual é de 1200 mm e temperatura média do ar de 24°C. No interior da casa de vegetação, durante o período do estudo, a temperatura média foi de 27 ± 2°C e a umidade relativa de 74 ± 5%. Os dados foram medidos continuamente usando um sensor termohigrômetro modelo HMP50 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA), conectado a um datalogger modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA). As leituras do sensor eram a cada 15 segundos e a média armazenada a cada 15 min. O termohigrômetro foi instalado em um suporte posicionado a 1,8 m de altura do solo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4: duas formas de propagação vegetativa (semente e estaquia) e quatro potenciais matriciais de água no solo (-6, -10, -20 e -33 kPa), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais (Figura 1A).

As mudas de maracujazeiro propagadas por semente e estaquia foram oriundas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas – BA. As mudas via estaquia foram obtidas de planta matriz já em fase produtiva.

**Figura 1.** Distribuição dos tratamentos na área experimental (A), plantas aos 50 (B), 100 (C) e 500 dias após o transplantio (DAT).



### 3.4.2 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Em fevereiro de 2018 a estrutura experimental foi implantada, consistindo em 36 lisímetros de drenagem (reservatórios de fibra de vidro), adotados como tanques de cultivo, cada um com área superficial de 1,44 m<sup>2</sup> e altura de 0,6 m. Na base de cada reservatório, um sistema de drenagem foi instalado, incluindo tubos de PVC perfurados (diâmetro de 32 mm), cascalho e areia. Sobre o sistema de drenagem foi acomodado 0,65 m<sup>3</sup> de solo peneirado e seco ao ar (68% de areia, 21% de silte e 11% de argila). O solo utilizado foi classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso, com densidade global de 1,31 kg dm<sup>-3</sup>, densidade de partículas de 2,69 kg dm<sup>-3</sup> e porosidade total de 51,3%. Os parâmetros hidráulicos do solo, curva de retenção e condutividade hidráulica saturada foram obtidos via modelagem inversa usando o software Hydrus 1-D (ŠIMŮNEK; VAN GENUCHTEN; ŠEJNA, 2016), conforme descrito por Silva; Pinheiro; Jong Van Lier (2020).

Foi realizada a aplicação de calcário dolomítico conforme recomendações de Sousa et al. (2004) e adubação de plantio com macro e micronutrientes, conforme Borges (2004) e Costa et al. (2009), respectivamente. No mês de abril do mesmo ano, as mudas pré-selecionadas (padronizadas em 0,3 m de altura) foram transplantadas para os tanques de cultivo, adotando-se o espaçamento de 2,0 x 1,5 m.

Para irrigação das plantas do maracujazeiro, utilizou-se o sistema por gotejamento com emissores autocompensantes. As linhas de irrigação foram distribuídas sobre os tanques de cultivo (Figuras 1B e 1C), com um emissor (com vazão de 4,2 L h<sup>-1</sup>) por planta a uma distância de 0,05 m do caule. Após a instalação do sistema de irrigação realizou-se o teste de uniformidade de distribuição de água, posteriormente calculou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC = 96%).

As plantas foram tutoradas usando o sistema de tutoramento do tipo espaldeira vertical, com fio de arame a 1,8 m de altura da base da planta.

No período (entre abril a dezembro de 2018) que antecedeu o presente estudo, as plantas do maracujazeiro propagadas via sementes e estaquia foram submetidas a dois potenciais de água no solo (-10 e -20 kPa) (FREITAS, 2019). Entre os meses de janeiro a outubro de 2019 as plantas foram irrigadas com a mesma lâmina de irrigação para manutenção do pomar. No mês de outubro foi realizada uma poda extraíndo totalmente os botões florais, flores, frutos e parcialmente o número de folhas, objetivando a homogeneização das parcelas experimentais e rearranjo do dossel para novo estudo.

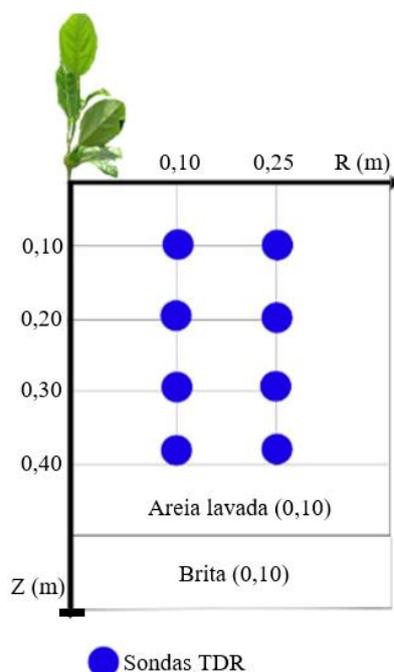
### 3.4.3 CONDUÇÃO DA CULTURA E MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O período que compreendeu o presente estudo foi entre os meses de novembro de 2019 a junho de 2020, conforme o delineamento experimental descrito no subitem “**Material vegetal, delineamento e condições experimentais**”.

Com base na curva de retenção de água do solo, as irrigações foram realizadas em turno de rega fixo a cada dois dias, observando-se o retorno da umidade do solo para próximo dos valores correspondentes aos potenciais matriciais de -6, -10, -20 e -33 kPa, que definiram o tempo de irrigação.

O monitoramento contínuo da umidade no solo foi realizado em um lisímetro por tratamento, empregando-se oito sondas TDR (três hastes de 0,1 m, espaçadas em 0,017 m) integradas com a TDR 100 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA), multiplexadores SDMX50 (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA) e datalogger CR 1000 para aquisição dos dados (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, EUA). As sondas TDR foram instaladas bidimensionalmente (4 x 2) no perfil do solo (em um único lado da planta): quatro profundidades (Z) (0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 m) e duas distâncias horizontais do colo da raiz (R) (0,10 e 0,25 m) (Figura 2).

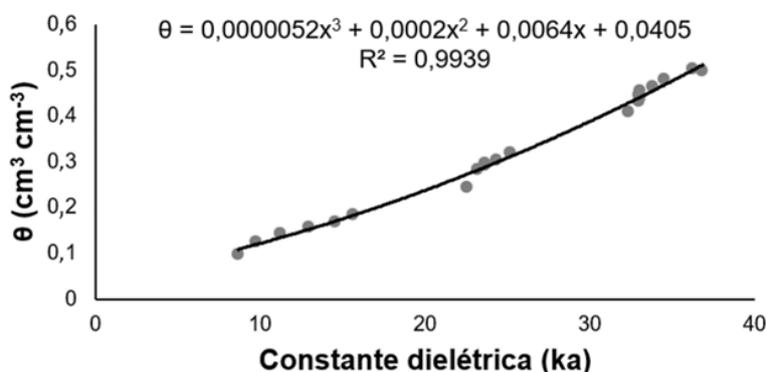
**Figura 2.** Desenho esquemático bidimensional representando o monitoramento contínuo da umidade do solo.



As sondas TDR foram calibradas com base na relação entre os valores da constante dielétrica aparente ( $k_a$ ) e os valores do teor de água do solo obtidos por secagem em estufa e

pesagem. Sequencialmente obtivemos a equação polinomial cúbica que permitiu estimar a umidade do solo com base nas leituras realizadas pela TDR (Figura 3).

**Figura 3.** Relação entre a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e a constante dielétrica ( $k_a$ ) obtidas nas sondas de TDR.



Para o cálculo da lâmina de irrigação, os dados de conteúdo de água no solo obtidos foram aplicados a Equação 1.

$$IRN_r = \sum_{Z=0,10\text{ m}}^{Z=0,40\text{ m}} (\theta_{trat} - \theta_{atual}) * Z \quad (1)$$

Em que:  $IRN_r$  é a irrigação real necessária calculada para as sondas instaladas nas distâncias de 0,10 a 0,25 m de distância do centro do lisímetro (mm);  $\theta_{trat}$  é o conteúdo de água no solo correspondente ao potencial matricial de um dado tratamento ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\theta_{atual}$  a umidade atual antes de cada irrigação ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $Z$  a profundidade de controle de umidade (mm).

A irrigação real necessária aplicada nos intervalos de irrigação foi obtida pela média entre os valores calculados para  $R = 0,10\text{ m}$  e  $R = 0,25\text{ m}$ , conforme a Equação 2.

$$IRN_{média} = \frac{(IRN_{0,10\text{ m}} + IRN_{0,25\text{ m}})}{Nr} \quad (2)$$

Em que:  $Nr$  é o número de leituras utilizadas no cálculo da lâmina de irrigação.

A irrigação foi ajustada para as condições da área molhada pelos emissores com o uso da Equação 3.

$$IRN_{ajustada} = IRN_{média} * Aw \quad (3)$$

Em que:  $IRN_{ajustada}$  é a irrigação real ajustada para a área molhada pelos gotejadores (L);  $Aw$  é a área molhada pelos gotejadores ( $m^2$ ).

A área molhada pelo emissor correspondeu ao raio molhado na porção média do bulbo ( $0,50 m^2$ ) calculada experimentalmente.

#### 3.4.4 VARIÁVEIS AVALIADAS

Foi realizada polinização artificialmente de forma manual, no horário entre as 13 e 15 h, quatro dias por semana. A colheita dos frutos do maracujazeiro foi realizada entre os meses de janeiro a junho de 2020, com intervalo médio de três dias por semana. O critério para colheita dos frutos foram: frutos íntegros, com coloração parcial ou totalmente amarelados e/ou caídos ao solo.

Os frutos destinados à análise físico-química foram coletados aleatoriamente, sendo avaliados 10 frutos por repetição.

##### 3.4.4.1 ANÁLISE FÍSICA DOS FRUTOS

A análise física dos frutos compreendeu as seguintes variáveis: massa fresca do fruto (MFF, g), diâmetro do fruto (DF, mm), comprimento do fruto (CF, mm), razão CF/DF, espessura da casca do fruto (ECF, mm), massa fresca da polpa do fruto (MFPP, g) e rendimento da polpa do fruto (RPF, Equação 4).

$$RPF (\%) = \left( \frac{MFPP}{MFF} \right) \times 100 \quad (4)$$

### **3.4.4.2 QUALIDADE QUÍMICA DA POLPA DOS FRUTOS**

A análise química dos frutos compreendeu as seguintes variáveis: sólidos solúveis totais (SST, °Brix) com uso de refratômetro, acidez total titulável (ATT, %) conforme Zenebon; Pascuet; Tiglea (2008), razão SST/ATT e pH da polpa com uso de potenciômetro.

### **3.4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, sendo as médias obtidas em função das formas de propagação comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade e os potenciais matriciais por análise de regressão polinomial.

## **3.5 RESULTADOS**

### **3.5.1 ANÁLISE FÍSICA DOS FRUTOS**

Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) dos potenciais matriciais de água no solo sobre as variáveis diâmetro do fruto (DF), comprimento do fruto (CF), razão CF/DF e rendimento da polpa do fruto (RPF); porém influenciaram significativamente a espessura da casca do fruto (ECF), a massa fresca do fruto (MFF) e a massa fresca da polpa do fruto (MFPP). Com exceção da razão CF/DF, as formas de propagação promoveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) sobre as demais variáveis avaliadas (DF, CF, ECF, MFF, MFPP e RPF). Houve interação significativa entre as formas de propagação e os potenciais de água no solo sobre a ECF e o RPF (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância e médias para o diâmetro do fruto (DF, mm), comprimento do fruto (CF, mm), razão CF/DF, espessura da casca do fruto (ECF, mm), massa fresca do fruto (MFF, g), massa fresca da polpa do fruto (MFPF, g) e rendimento da polpa do fruto (RPF, %) do maracujazeiro oriundo de duas formas de propagação (FP) e cultivado sob diferentes potenciais matriciais de água no solo (PM).

FV	GL	DF (mm)	CF (mm)	CF/DF (mm)	ECF (mm)	MFF (g)	MFPF (g)	RPF (%)
FP (A)	1	248,42**	832,32**	0,0180 <sup>ns</sup>	18,01**	9.336,95**	7.510,17**	372,85**
PM (B)	3	36,03 <sup>ns</sup>	119,16 <sup>ns</sup>	0,0064 <sup>ns</sup>	3,53*	5.485,63**	2.285,84**	45,98 <sup>ns</sup>
A x B	3	10,42 <sup>ns</sup>	22,15 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	3,76*	2.405,35 <sup>ns</sup>	1.026,79*	17,09 <sup>ns</sup>
Erro	24	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		6,44	9,40	6,65	15,67	20,73	23,22	10,29
FP					Médias			
Estaquia		81,36a <sup>#</sup>	94,45a	1,16a	- <sup>x</sup>	165,21a	- <sup>y</sup>	52,80a
Semente		75,79b	84,25b	1,11a	-	131,05b	-	45,97b

FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; \*, \*\* – significativo aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e ns – não significativo pelo teste F; <sup>#</sup> Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; <sup>x</sup> – desdobramento na Figura 4D; <sup>y</sup> – desdobramento na Figura 5B.

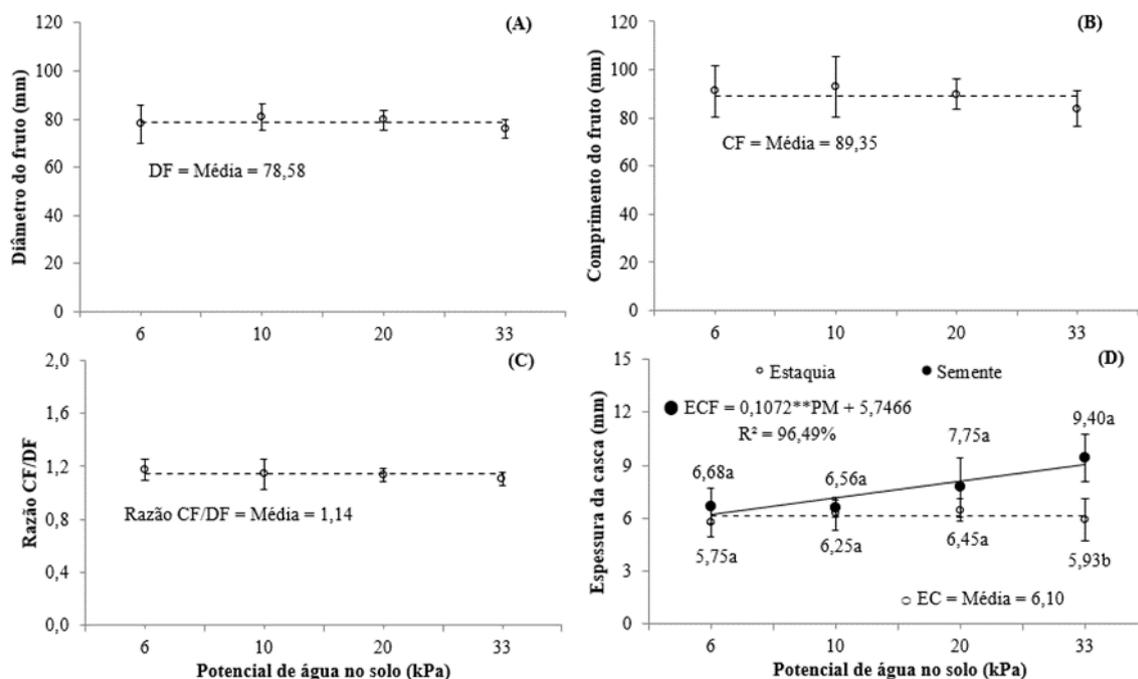
Plantas do maracujazeiro propagadas por estaquia apresentaram maiores médias das variáveis DF e CF quando comparadas as originadas via sementes, proporcionando, maiores frutos, conseqüentemente maior MFF. Em função das formas de propagação os valores da razão CF/DF variaram entre 1,11 e 1,16 (Tabela 1), apresentando frutos com maior comprimento relacionados aos diâmetros, indicando formato dos frutos esféricos ovalados (CF/DF > 1).

Em função dos potenciais de água no solo as médias gerais para o DF, CF e razão CF/DF foram de 78,58 mm (Figura 4A); 89,35 mm (Figura 4B) e 1,14 (Figura 4C), respectivamente. No desdobramento dos fatores em estudo para a ECF (Figura 4D), sob os potenciais de -6, -10 e -20 kPa não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as médias em função das formas de propagação; diferenciando apenas sob o potencial de -33 kPa, quando registrou-se maior média da ECF na propagação via sementes.

Na avaliação dos potenciais matriciais em cada forma de propagação, para estaquia não houve ajuste de qualquer modelo matemático (média de 6,10 mm), enquanto para propagação

via sementes houve um aumento na ECF à medida que os potenciais se tornavam mais negativos.

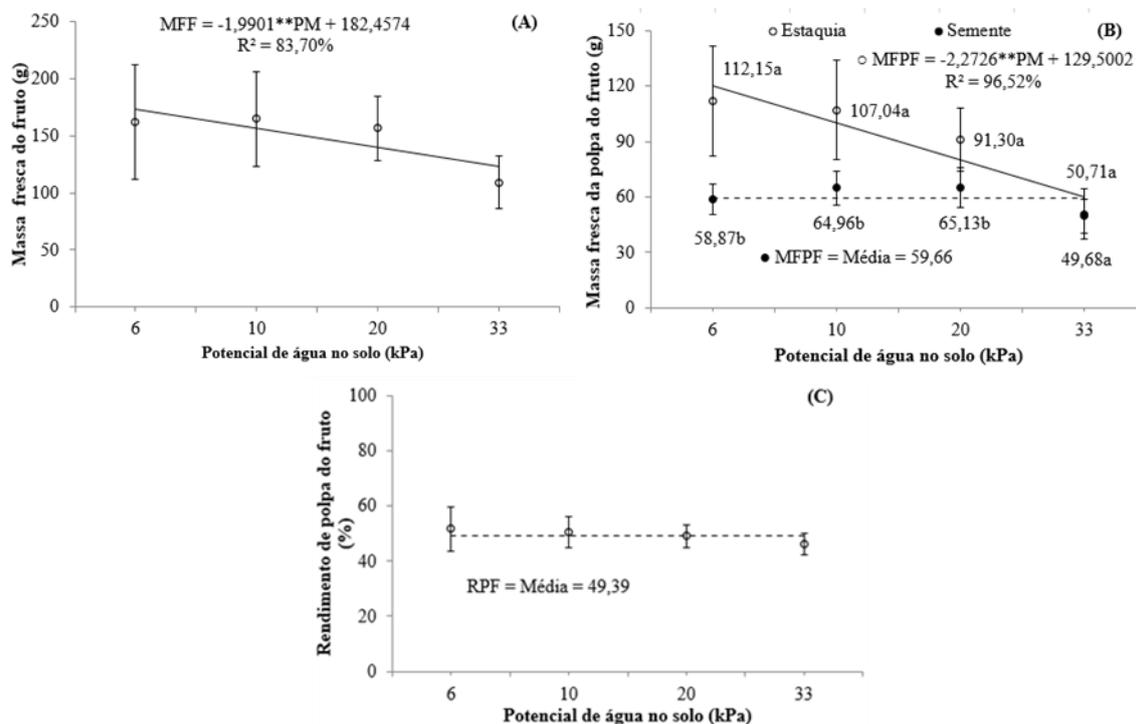
**Figura 4.** Diâmetro do fruto – DF (A), comprimento do fruto – CF (B) e razão CF/DF (C) do maracujazeiro cultivado sob diferentes potenciais de água no solo; desdobramento da interação entre as formas de propagação e os potenciais de água no solo para a espessura da casca do fruto – ECF (D).



\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste t de Student; as barras nas médias representam o erro padrão; na Figura D, dentro de cada potencial matricial (PM) médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Houve decréscimo na MFF conforme a redução da umidade do solo (menores potenciais matriciais de água no solo) (Figura 5A). No desdobramento dos fatores em estudo para variável MFPF (Figura 5B), para os potenciais de -6, -10 e -20 kPa as maiores médias foram obtidas sob forma de propagação via estaquia, enquanto sob o potencial de -33 kPa não houve diferença significativa entre as médias em função das formas de propagação. Na análise dos potenciais matriciais nas formas de propagação, em estaquia houve um decréscimo de aproximadamente 55% sob potencial de -33 kPa (menor disponibilidade de água) em relação ao potencial de -6 kPa (maior disponibilidade de água); já sob propagação via sementes não houve ajuste de qualquer modelo matemático (com média de 59,66 g). Para o RPF a média geral foi de 49,39% (Figura 5C).

**Figura 5.** Massa fresca do fruto – MFF (A) e rendimento da polpa do fruto – RPF (C) do maracujazeiro cultivado sob diferentes potenciais de água no solo; desdobramento da interação entre as formas de propagação e os potenciais de água no solo para a massa fresca da polpa do fruto – MFPP (B).



\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste t de Student; as barras nas médias representam o erro padrão; na Figura B, dentro de cada potencial matricial (PM) médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

### 3.5.2 QUALIDADE QUÍMICA DOS FRUTOS

148,13

A exceção do pH da polpa do fruto (com efeito significativo dos potenciais matriciais), as outras variáveis (sólidos solúveis totais – SST, acidez total titulável – ATT e razão SST/ATT) não foram influenciadas significativamente ( $p > 0,05$ ) pelos fatores em estudo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os sólidos solúveis totais (SST, °Brix), acidez total titulável (ATT), razão SST/ATT e pH da polpa do maracujazeiro oriundo de duas formas de propagação (FP) e cultivado sob diferentes potenciais de água no solo (PM).

FV	GL	SST	ATT	SST/ATT	pH
FP (A)	1	0,0091 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,045 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
PM (B)	3	0,0157 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	0,660 <sup>ns</sup>	0,0082 <sup>**</sup>
A x B	3	0,0026 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	0,653 <sup>ns</sup>	0,0026 <sup>ns</sup>
Erro	24	-	-	-	-
CV (%)		0,43	14,54	18,06	1,36
Média geral		15,05	5,31	2,99	3,06

FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; \*\* – significativo ao nível de 0,01 de probabilidade e ns – não significativo pelo teste F.

### 3.6 DISCUSSÃO

Disponibilizar água às plantas no volume adequado permite aumento da translocação dos assimilados aos frutos contribuindo para seu desenvolvimento efetivo com elevação da produtividade e melhoria da qualidade do suco (DUTRA et al., 2018; FISCHER; MELGAREJO; CUTLER, 2018). O teor de umidade no solo relativo ao limite crítico superior determina essa possibilidade.

No presente estudo foi realizada a irrigação em uma faixa de umidade do solo (potencial matricial de água no solo) que representou níveis prefixados de capacidade de campo (-6 a -33 kPa) definidas com base na curva de retenção de água do solo. Potenciais matriciais entre -3 a -6 kPa em solo de textura arenosa, -10 kPa em solos de textura média e -33 kPa em solos argilosos atingem níveis de capacidade de campo (SOUSA et al., 2004). O solo do presente estudo possui textura franco arenosa. Isso fomentou a hipótese de que os potenciais matriciais menores (-20 e -33 kPa) poderiam implicar em estresse hídrico à planta induzindo alterações das variáveis físico-químicas dos frutos do maracujazeiro.

Esse estudo destacou a comparação entre a qualidade de frutos oriundos de plantas reproduzidas de planta matriz (estaquia), que apresentam elevada uniformidade (SALOMÃO et al., 2002), com frutos de plantas propagadas por sementes (vulneráveis a variabilidade genética), ambas sob diferentes taxas de disponibilidade hídrica no solo.

### 3.6.1 ANÁLISE FÍSICA DOS FRUTOS

As características físicas dos frutos do maracujazeiro observadas apontam que os potenciais matriciais não afetaram o DF, o CF e a razão CF/DF, inferindo que não houve efeito no crescimento dos frutos (Tabela 1). Isto pode estar relacionado ao suprimento hídrico mínimo necessário ao desenvolvimento produtivo das plantas no experimento. A exceção da razão CF/DF (não houve diferença significativa), as formas de propagação indicaram que os frutos das plantas originárias de estaquia apresentaram melhores respostas as variáveis analisadas. Isso provavelmente está relacionado a variabilidade genética existente nas plantas propagadas por semente (SALOMÃO et al., 2002), não exibindo o padrão produtivo característico da planta matriz comum às plantas propagadas por estaquia, e nesse caso, possivelmente, também com características de adaptação a condições de reduzida oferta hídrica no solo.

É fundamental a determinação do comprimento e o diâmetro dos frutos, pois a demanda comercial do maracujá destinado ao mercado *in natura* tem preferência por frutos grandes e ovalados por apresentarem maiores rendimentos da polpa (CAVICHIOLI et al., 2011). A razão CF/DF é decisiva nessa caracterização. Greco; Peixoto; Ferreira (2014) afirmaram que essa relação possibilita classificar os frutos em redondos (CF/DF = 1) e ovalados (CF/DF > 1). Essa variável não foi afetada significativamente por nenhuma das fontes de variações estudadas, embora as médias obtidas indiquem mínima superioridade (4,31%) para os frutos das plantas propagadas por estaquia. Ademais, tanto as plantas oriundas de propagação por estaquia quanto de sementes explicitaram valores superiores a um (Tabela 1), constituindo frutos ovalados conforme padrão desejado comercialmente.

Os frutos avaliados apresentaram diâmetro e comprimento médio de 78,58 (Figura 4A) e 89,35 mm (Figura 4B), respectivamente. São valores relativamente maiores que os obtidos por Figueiredo et al. (2015), que avaliaram diferentes densidades de plantio do maracujazeiro amarelo, os quais relataram diâmetro e comprimento médio dos frutos de 73,6 e 88,1 mm, respectivamente. No estudo de Pereira et al. (2018) foram avaliadas as características físicas de frutos de três espécies de maracujazeiro (*Passiflora edulis* flavicarpa cv. FB200; *Passiflora edulis* flavicarpa e *Passiflora alata*) produzidas no sudoeste de Goiás. Os autores relataram valores médios de diâmetro do fruto entre 66,43 e 91,85 mm.

Os potenciais matriciais causaram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na espessura da casca do fruto. Na comercialização do maracujá, frutos de casca mais fina são mais requisitados por apresentarem proporcionalmente maior rendimento de polpa por kg obtido (HAFLE et al., 2009). De acordo com a Figura 4D, a espessura da casca do fruto aumentou à medida em que o

potencial matricial se tornou mais negativo (solo menos úmido) para as plantas propagadas via sementes, entretanto, o mesmo não ocorreu com as plantas propagadas por estaquia, que não houve influência dos potenciais matriciais. As plantas propagadas por sementes apresentaram maior sensibilidade nesse aspecto, exibindo valores superiores de espessura da casca do fruto em aproximadamente 37% quando comparadas com plantas propagadas por estaquia submetidas ao potencial de água no solo de -33 kPa, ou seja, sob menores teores de umidade de água no solo as plantas oriundas de reprodução por sementes apresentaram frutos com maiores espessuras da casca do fruto. Similarmente ao presente estudo na propagação via sementes (Figura 4D), Rodríguez-Yzquierdo et al. (2020a) relataram maior espessura da casca de frutos de maracujazeiro sob irrigação com déficit (33% da evapotranspiração de referência – ETo) em relação ao cultivo sob irrigação com 66 e 100% da ETo.

Frutos do maracujazeiro com maior diâmetro têm efeito direto sobre a massa e rendimento da polpa (NEGREIROS et al., 2007). Seguindo as características apontadas pelas variáveis comprimento e diâmetro dos frutos, as plantas propagadas por estaquia apresentaram frutos com maiores dimensões. Sob propagação por estaquia, as médias para massa fresca do fruto e rendimento da polpa do fruto foram 20,7 e 12,9%, respectivamente, maiores que as médias obtidas via propagação por sementes (Tabela 1). Resultados similares foram reportados por Junqueira et al. (2006) ao avaliarem um clone de maracujazeiro sob três formas de propagação (enxertia, estaquia e sementes), os quais relataram maiores produções de massa fresca do fruto na propagação por estaquia.

Em geral, os frutos colhidos no presente estudo tinham metade da sua massa composta por polpa (rendimento de 49,39%) (Figura 5C). Esse rendimento de polpa está de acordo com o relatado por Weber et al. (2016) ao avaliarem o cultivo do maracujazeiro amarelo sob diferentes densidades de plantio no Rio Grande do Sul, qual seja, de 51,4%. Rendimentos de polpa de frutos do maracujazeiro superiores foram relatados por Dutra et al. (2018), entre 55 e 72%, sob cultivo no Semiárido brasileiro com diferentes lâminas de irrigação (33, 66, 100 e 133% da ETo).

### 3.6.2 QUALIDADE QUÍMICA DOS FRUTOS

Atender as expectativas do mercado consumidor de maracujá exige conhecer as características gerais da qualidade da fruta que vão além da aparência externa. Para processamento em agroindústria o maracujá precisa principalmente de rendimento da polpa e qualidade química em padrões técnicos rigorosos. Regulamentado pelo Ministério da Agricultura do Brasil por meio de Instrução Normativa N° 1/2018 (IN 01/2018), os parâmetros analíticos para sucos e polpas de frutas estabelecem critérios básicos de padrão de qualidade. Para o maracujá a exigência é que o conteúdo do suco apresente valores de sólidos solúveis totais (SST) maiores ou iguais a 11,0 °Brix, pH mínimo de 2,7 e acidez total titulável (ATT) mínima de 2,5% em ácido cítrico e no máximo 18% em açúcares totais (BRASIL, 2018). No presente estudo, desses parâmetros de qualidade química, apenas os açúcares totais não foram determinados.

As pesquisas seguintes apontam que as variáveis químicas dos frutos do maracujazeiro dificilmente são afetadas por fontes de variações distintas. O pH e teor de SST no maracujazeiro amarelo não foram influenciados pelas doses de potássio aplicadas (ARAÚJO et al., 2006). Diferentes porta-enxertos e tipos de enxertia não afetaram o teor de SST, ATT e a razão SST/ATT (CAVICHOLI et al., 2011). No estudo de Koetz et al. (2010) sob diferentes tensões de água no solo (-15 a -60 kPa) em ambiente protegido e em ambiente natural (em campo aberto), a qualidade química dos frutos de maracujazeiro não foi influenciada. Similarmente, Carvalho et al. (2014) não relataram perda de qualidade química dos frutos do maracujazeiro sob deficiência hídrica (tensão de água no solo a -60 kPa). Sob outras condições de cultivo a qualidade química dos frutos de maracujazeiro não foi influenciada, a exemplo da densidade de plantio (FIGUEIREDO et al., 2015), do estágio de maturação do fruto (SILVA et al., 2015b), da textura do solo (UCHÔA et al., 2018), da irrigação com água salina (MORAIS et al., 2020; MOURA et al., 2020a) e da aplicação de doses de nitrogênio (RODRÍGUEZ-YZQUIERDO et al., 2020b).

Com exceção do pH, porém não houve ajuste de modelos matemáticos aos dados, as variáveis SST, ATT e razão SST/ATT não foram afetadas pelos potenciais matriciais de água no solo, tampouco pelas formas de propagação vegetativa (Tabela 2). Permitindo inferir que a qualidade química dos frutos do maracujazeiro não foi influenciada na faixa de potencial de água no solo em estudo (entre -6 a -33 kPa), independentemente da forma de propagação das plantas (sementes e estaquia).

O teor de SST é uma das formas mais precisas de aferir a doçura das frutas. Geralmente está associado aos açúcares individuais da fruta (frutose, glicose e sacarose), presentes nos frutos até a sua abscisão (MANIWARA et al., 2014). Na agroindústria de processamento do maracujá a preferência é que os frutos apresentem valores de SST superiores a 13 °Brix (FERREIRA; ANTUNES, 2019). No presente estudo o teor médio de SST foi de 15,05 °Brix (Figura 4A). Resultado acima do exigido tanto na agroindústria quanto na normatização brasileira para padronização de qualidade de sucos e polpas de frutas (BRASIL, 2018). Igualmente, dentro dos padrões, os valores médios de ATT (5,31%) e pH (3,06) (Tabela 2) configuram frutos de excelente qualidade. Atraente para a indústria, o pH em torno de 2,8 possibilita flexibilidade para correção do teor de açúcar em bebidas prontas para beber (OLIVEIRA et al., 2020).

No presente trabalho a média da razão SST/ATT foi de 2,99 (Tabela 2). Essa variável é utilizada para determinar a palatabilidade dos frutos, e quanto maior o valor mais agradável ao paladar é o suco da fruta (GRECO; PEIXOTO; FERREIRA, 2014). A média da razão SST/ATT no presente estudo está dentro da faixa encontrada em outros estudos, entre 3,33 e 3,51 (FIGUEIREDO et al., 2015), entre 2,31 e 2,91 (HURTADO-SALAZAR et al., 2015), de 3,48 (SILVA et al., 2016) e de 2,01 (WEBER et al., 2016).

### 3.7 CONCLUSÕES

1. Nas condições deste estudo, as diferentes formas de propagação vegetativa afetaram as principais variáveis da qualidade física dos frutos do maracujazeiro.
2. Os potenciais matriciais de água no solo afetaram a espessura da casca do fruto, a massa fresca do fruto e a massa fresca da polpa do fruto.
3. Nas plantas propagadas por sementes a espessura da casca do fruto aumentou conforme se reduziu o potencial matricial. As propagadas por estaquia não sofreu influência das fontes de variações.
4. A massa fresca da polpa do fruto não sofreu influência nas plantas propagadas por sementes, entretanto nas propagadas por estaquia a massa fresca da polpa do fruto reduziu conforme redução do potencial matricial de água no solo.
5. A qualidade química dos frutos do maracujazeiro não foi comprometida pelas diferentes formas de propagação vegetativa, tampouco pelos diferentes potenciais matriciais de água no solo na faixa entre -6 e -33 kPa.

### 3.8 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa.

### 3.9 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, R. C.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; ALVAREZ, V. H.; SOUZA, A. P.; PEREIRA, W. E; HIZUMI, S. Quality of yellow passionfruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) as affected by potassium nutrition. *Fruits*, Leuven, v. 61, n. 2, p. 109-115, 2006.

BORGES, A. L. Nutrição mineral, calagem e adubação. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.). **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 117-149.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018**. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade de suco e polpa de frutas. Brasília: MAPA, 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612). Acesso em: 14 nov. 2020.

CARVALHO, J. A.; CALDAS, A. L. D.; REZENDE, F. C.; NAKAZONE, M. V.; FARIA, L. A. Produção e qualidade de frutos de maracujá-amarelo em função da tensão de água no solo. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 231-238, 2014.

CAVALCANTE, N. R.; KRAUSE, W.; CARVALHO, J. F. D.; ROCHA, M. K. P.; PALU, E. G.; SILVA, C. A. Productivity, fruit physicochemical quality and distinctiveness of passion fruit populations. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 38, n. 4, e-142, 2016.

CAVICHIOLO, J. C.; CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 906-914, 2011.

CHEN, Y. C.; CHANG, C.; LIN, H. L. Topolins and red light improve the micropropagation efficiency of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) 'Tainung No. 1'. **HortScience**, Alexandria, v. 55, n. 8, p. 1337-1344, 2020.

COSTA, M. M.; BONOMO, R.; SENA JÚNIOR, D. G.; GOMES FILHO, R. R.; RAGAGNIN, V. A. Produção do maracujazeiro amarelo em condições de sequeiro e irrigado em Jataí-GO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 13-21, 2009.

DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, W. F. Photochemical and productive performance of yellow passion fruit irrigated in the Brazilian semiarid. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 6, p. 901-909, 2018.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2016. 341 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, e-155, 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **“The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050”**. Rome: FAO, 2018. 60 p.

FERREIRA, M. O.; ANTUNES, A. M. Qualidade de frutos de maracujá amarelo comercializados na CEAGESP-Bauru - SP. **Revista AGROFIB**, Bauru, v. 1, n. 1, p. 71-84, 2019.

FIGUEIREDO, F. R.; HAFLE, O. M.; RODRIGUES, M. H. B. S.; PEREIRA JÚNIOR, E. B.; DELFINO, F. I. Produtividade e qualidade dos frutos do maracujazeiro-amarelo sob diferentes formas de condução das plantas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 11, n. 4, p. 23-32, 2015.

FISCHER, G.; MELGAREJO, L. M.; CUTLER, J. Pre-harvest factors that influence the quality of passion fruit: A review. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 36, n. 3, p. 217-226, 2018.

FRANCISCO, W. M.; ARAÚJO NETO, S. E.; UCHÔA, T. L.; SILVA, N. M. Productivity and quality of irrigated organic yellow passion fruits in deep planting in Southeastern Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, n. 4, e-584, 2020.

FREITAS, F. T. O. **Crítérios para o manejo da irrigação via solo no cultivo de maracujazeiro**. 2019. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

GOMES, M. M. A.; RAMOS, M. J. M.; TORRES NETTO, A.; ROSA, R. C. C.; CAMPOSTRINI, E. Water relations, photosynthetic capacity, and growth in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.): seedlings and grafted plants. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 2, p. 135-143, 2018.

GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 360-370, 2014.

HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; FERREIRA, E. A.; MELO, P. C. Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos produtivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 763-770, 2009.

HURTADO-SALAZAR, A.; SILVA, D. D.; SEDIYAMA, C. S.; BRUCKNER, C. H. Caracterização física e química de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertado em espécies silvestres do gênero *Passiflora* cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 635-643, 2015.

IBGE. **Produção agrícola municipal 2019**. Brasília: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457/#resultado>. Acesso em: 20 out. 2020.

JOSEPH, A. V.; SOBHANA, A. Propagation studies in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) using cuttings. **European Journal of Medicinal Plants**, Hooghly, v. 31, n. 10, p. 57-63, 2020.

JUNQUEIRA, N. T. V.; LAGE, D. A. C.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R.; BORGES, T. A.; ANDRADE, S. R. M. Reação a doenças e produtividade de um clone de maracujazeiro-azedo propagado por estaquia e enxertia em estacas herbáceas de *Passiflora* silvestre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 97-100, 2006.

KOETZ, M.; CARVALHO, J. A.; SOUSA, A. M. G.; SOUZA, K. J. Qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo em ambiente protegido e natural produzidos sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 115-127, 2010.

LIMA, L. K. S.; SANTOS, I. S.; GONÇALVES, Z. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Grafting height does not affect *Fusarium* wilt control or horticultural performance of *Passiflora gibertii* N.E.Br. rootstock. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 4, p. 3525-3539, 2018.

LIMA, L. K. S.; JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; SANTOS, I. S.; OLIVEIRA, E. J.; COELHO FILHO, M. A. Growth, physiological, anatomical and nutritional responses of two phenotypically distinct passion fruit species (*Passiflora* L.) and their hybrid under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 263, 109037, 2020.

LOZANO-MONTAÑA, P. A.; SARMIENTO, F.; MEJÍA-SEQUERA, L. M.; ÁLVAREZ-FLÓREZ, F.; MELGAREJO, L. M. Physiological, biochemical and transcriptional responses of *Passiflora edulis* Sims f. *edulis* under progressive drought stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 275, 109655, 2021.

MALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Physical and chemical characteristics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 55, n. 1, p. 127-134, 2012.

MANIWARA, P.; NAKANO, K.; BOONYAKIAT, D.; OHASHI, S.; HIROI, M.; TOHYAMA, T. The use of visible and near infrared spectroscopy for evaluating passion fruit postharvest quality. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 143, p. 33-43, 2014.

MAVI, K.; UZUNOĞLU, F. Advances in propagation technology in passionflower (*Passiflora spp* L.) species. **Mustafa Kemal Universitesi Tarim Bilimleri Dergisi**, Antakya, v. 25, n. 1, p. 84-100, 2020.

MORAIS, R. R.; MACÊDO, J. P. S.; CAVALCANTE, L. F.; LOBO, J. T.; SOUTO, A. G. L.; MESQUITA, E. F. Arranjo espacial e poda na produção e qualidade química de maracujá irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 549-561, 2020.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. M.; DIAS, E. A.; CRUZ, C. S.; COELHO FILHO, M. A. Salt stress on physiology, biometry and fruit quality of grafted *Passiflora edulis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 36, n. 3, p. 731-742, 2020a.

MOURA, R. S.; SOARES, T. L.; LIMA, L. K. S.; GHEYI, H. R.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A. Salinity-induced changes in biometric, physiological and anatomical parameters of *Passiflora edulis* Sims plants propagated by different methods. **Archives of Agronomy and Soil Science**, London, v. 66, n. 12, p. 1692-1706, 2020b.

NEGREIROS, J. R. S.; ÁLVARES, V. S.; BRUCKNER, C. H.; MORGADO, M. A. D.; CRUZ, C. D. Relação entre características físicas e o rendimento de polpa de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 546-549, 2007.

OLIVEIRA, P. N.; GOMES, P. C. S.; ALCARDE, A. R.; BORTOLETTO, A. M.; LEITE NETA, M. T. S.; NARAIN, N.; ABUD, A. K. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. Characterization and volatile profile of passion fruit spirit. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, Amsterdam, v. 21, 100223, 2020.

PEREIRA, P. P. A.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; LARANJEIRA, F. F.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Initial vegetative growth and survival analysis for the assessment of *Fusarium* wilt resistance in *Passiflora spp*. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 121, p. 195-203, 2019.

PEREIRA, L. D.; VALLE, K. D.; SOUZA, L. K. F.; PAIVA, E. F.; BOLINA, C. C.; REIS, E. F.; SALAZAR, A. H.; SILVA, D. F. P. Caracterização de frutos de diferentes espécies de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 21-28, 2018.

RODRÍGUEZ-YZQUIERDO, G. A.; BASSO-DE-FIGUERA, C. A.; REYES, G. D.; LEÓN-PACHECO, R. I. Riego deficitario controlado su efecto sobre la nutrición, productividad y calidad de fruta en maracuyá. **Agronomía Mesoamericana**, Alajuela, v. 31, n. 2, p. 405-418, 2020a.

RODRÍGUEZ-YZQUIERDO, G. A.; PRADENAS-AGUILA, H. E.; BASSO-DE-FIGUERA, C. A.; BARRIOS-GARCÍA, M.; LEÓN-PACHECO, R. I.; PÉREZ-MACIAS, M. Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. **Agronomía Mesoamericana**, Alajuela, v. 31, n. 2, p. 405-418, 2020b.

SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, W. E.; DUARTE, R. C. C.; SIQUEIRA, D. L. D. Propagação por estaquia dos maracujazeiros doce (*Passiflora alata* Dryand.) e amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 163-167, 2002.

SCHMILDT, E. R.; OLIARI, L. S.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, F. O. R.; SCHMILDT, O. Histological aspects of mini-grafting of *Passiflora edulis* Sims. and *Passiflora mucronata* Lam. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, e-174, 2018.

SILVA, A. J. P.; PINHEIRO, E. A. R.; JONG VAN LIER, Q. Determination of soil hydraulic properties and its implications for mechanistic simulations and irrigation management. **Irrigation Science**, Berlin, v. 38, n. 3, p. 223-234, 2020.

SILVA, M. A. P.; PLÁCIDO, G. R.; CALIARI, M.; CARVALHO, B. S.; SILVA, R. M.; CAGNIN, C.; LIMA, M. S.; CARMO, R. M.; SILVA, R. C. F. Physical and chemical characteristics and instrumental color parameters of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 10, n. 10, p. 1119-1126, 2015b.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; CARMO, F. F.; LEDO, E. R. F.; SILVA FILHO, J. A. Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves-Samani no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 9, n. 2, p. 132-141, 2015a.

SILVA, M. S.; ATAÍDE, E. M.; SANTOS, A. K. E.; SOUZA, J. M. A. Qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo produzidos na safra e entressafra no Vale do São Francisco. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 17, n. 1, p. 41-49, 2016.

ŠIMŮNEK, J.; VAN GENUCHTEN, M. T.; ŠEJNA, M. Recent developments and applications of the HYDRUS computer software packages. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 15, n. 7, p. 1-25, 2016.

SOUSA, V. F.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; BORGES, A. L. Irrigação. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.). **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 151-167.

SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 229, p. 77-90, 2018.

UCHÔA, T. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; SELHORST, P. O.; RODRIGUES, M. J. S.; GALVÃO, R. O. Yellow Passion fruit performance in organic crop under mulch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, e-212, 2018.

WEBER, D.; ELOY, J.; GIOVANAZ, M. A.; FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Densidade de plantio e produção do maracujazeiro-azedo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 99-106, 2016.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou subsídios importantes para pesquisa das relações hídricas do maracujazeiro amarelo e sugestões para o passicultor. Com base nos dados obtidos e sob as condições de controle aplicadas sugerimos faixa de potencial matricial de água no solo próximo a -10kPa, com momento de ligar e desligar a bomba hidráulica da irrigação quando se atingir valores próximos a -20 e -7 kPa, respectivamente. Vale ressaltar a necessidade de monitoramento com equipamentos que determinem valores de potenciais matriciais de água no solo. Além disso, esses valores podem variar conforme condições da planta e do solo, clima, tratos culturais, dentre outros aspectos intrínsecos a cada local e manejo utilizado.

Os valores de limites críticos obtidos nesse estudo têm importância destacada no manejo da irrigação, assim como os valores do fator “f” podem subsidiar irrigantes e projetistas em irrigação da cultura do maracujazeiro amarelo.

Esse estudo evidenciou que os limites de água prontamente disponíveis padronizados como adequados podem ser reduzidos, garantindo ainda assim, maiores produtividades no maracujazeiro-amarelo. E a aplicação de água via irrigação nos níveis sugeridos nesse estudo, além de representar produção de frutos de boa qualidade, maior lucratividade via produção, pode representar maior economia de água e consequente redução de custos com energia elétrica de bombeamento e maior disponibilidade hídrica nos mananciais.

Destacamos que a pesquisa ocorreu no segundo ano do ciclo produtivo da cultura em casa de vegetação, e foram realizadas podas de controle no período de estudos para ambas as formas de propagação.

Nas condições desse estudo, afirmamos que plantas de maracujazeiro amarelo propagadas por estaquia não apresentaram melhor desempenho produtivo quando comparados as plantas reproduzidas por sementes. As diferentes formas de propagação não influenciaram a produção de frutos e a eficiência de uso da água do maracujazeiro amarelo irrigado por gotejamento. Todavia, as diferentes formas de propagação vegetativa afetaram as principais variáveis da qualidade física dos frutos do maracujazeiro.

A qualidade química dos frutos do maracujazeiro não sofreu influência das diferentes formas de propagação vegetativa, tampouco pelos diferentes limites críticos de potenciais matriciais de água no solo na faixa entre -6 e -33 kPa. Isso quer dizer que, independentemente do método de propagação (estacas e sementes) utilizado e da lâmina de irrigação aplicada, as propriedades organolépticas requeridas pela indústria de beneficiamento não foram comprometidas.

Não se esgotam a necessidade de maiores elucidacões acerca da relacão entre formas de propagacão e manejo da irrigacão no maracujazeiro, especialmente em campo aberto (condicões de plantio comercial).