

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

Lahiri Lordão Souza

**FAIXAS DE POTENCIAL MATRICIAL PARA MANEJO DE
IRRIGAÇÃO DA *Passiflora cincinnata* Mast. VIA
SENSORIAMENTO DA ÁGUA NO SOLO**

CRUZ DAS ALMAS - BA

2025

Lahiri Lordão Souza
Engenheiro Sanitarista E Ambiental
Universidade Federal Do Recôncavo Da Bahia - UFRB, 2021

**FAIXAS DE POTENCIAL MATRICIAL PARA MANEJO DE
IRRIGAÇÃO DA *Passiflora cincinnata* Mast. VIA
SENSORIAMENTO DA ÁGUA NO SOLO**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola (Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos).

Orientador: Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva.
Coorientador: Prof. Dr. Francisco Airdesson Lima do Nascimento.

CRUZ DAS ALMAS

2025

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

FAIXAS DE POTENCIAL MATRICIAL PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO
Passiflora cincinnata Mast. **VIA SENSORIAMENTO DA ÁGUA NO SOLO**

Data da defesa: 15 de dezembro de 2025

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Lahiri Lordão Souza

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

Prof. Dr. Francisco Airdesson Lima do Nascimento, UFRB.
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Lúcio Aderito dos Anjos Veimrober Junior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia-IFBA
(Examinador Externo)

FAIXAS DE POTENCIAL MATRICIAL PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO *Passiflora cincinnata* Mast. VIA SENSORIAMENTO DA ÁGUA NO SOLO

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

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Airdesson Lima do Nascimento.

RESUMO: Os frutos provenientes de espécies endêmicas do Bioma Caatinga representam uma fonte de sustento para as comunidades locais, embora sua cadeia produtiva careça de pleno desenvolvimento. Ilustrativamente, o maracujá da caatinga (*Passiflora cincinnata* Mast.), planta que produz frutos de alta demanda nos mercados internos e externos e detém potencial de agregação de valor aos subprodutos (polpas, óleos essenciais, ração animal e cosméticos), porém pouco estudado. Apesar dos avanços tecnológicos em componentes e equipamentos de irrigação, persiste uma lacuna informativa relativa ao manejo hídrico adequado para essa frutífera. Nesse contexto, a capacidade de regulação transpiratória exibida por espécies xerófilas da Caatinga sob condições de estresse hídrico sugere a aplicabilidade do sensoriamento de água no solo (SAS) como uma estratégia precisa para o manejo da irrigação. No entanto, a implementação do SAS depara-se com desafios complexos, entre os quais se destaca a definição da faixa ótima de potencial matricial da água no solo para espécies adaptadas à seca. O maracujazeiro do mato se apresenta como uma alternativa para os produtores do maracujá, seja como cultura de rotação ou na forma de porta enxerto. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivos: I- Avaliar a produção de *Passiflora cincinnata* Mast. submetida a diferentes faixas de potenciais de água no solo; II- avaliar o desempenho agrônomo do *Passiflora edulis* Sims. como porta enxerto do *Passiflora cincinnata* Mast., submetidos a diferentes faixas de potenciais de água no solo. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na cidade de Cruz das Almas, Bahia (Latitude: 12° 40' 12" S, Longitude: 39° 06' 07" O), no período compreendido entre novembro de 2023 e janeiro de 2025. O conteúdo de água no solo foi monitorado continuamente por meio de sensores capacitivos (sondas TDR) instalados na região radicular das plantas. Dois experimentos de cultivo foram conduzidos: O primeiro com ênfase na *Passiflora cincinnata* Mast. e outro focado na *Passiflora edulis* Sims. (cultivar BRS Gigante Amarelo) enxertado em *P. cincinnata*. Nos dois experimentos de cultivo, os tratamentos constituíram-se na manutenção constante de 4 faixas de potencial hídrico do solo: $\psi = -0,6$ a $-1,0$; $-2,0$ a $-2,56$; $-3,3$ a $-4,0$ e $-5,0$ a $-6,0$ mca. Após a colheita, avaliaram-se: massa do fruto, massa do endocarpo (polpa e sementes), comprimento e diâmetro dos frutos, produção de frutos por planta e por hectare, eficiência do uso da água e produtividade. A produção e produtividade do *Passiflora cincinnata* Mast. é influenciada pelas faixas de tensão, porém não de forma tradicional, pois foi considerado como faixa ideal de manejo as tensões de $-2,00$ a $-2,56$ mca, valores abaixo do considerado como capacidade campo. Faixas de tensões entre $-3,3$ a $-6,0$ mca diminuem a produção e produtividade inicial, mas não inviabilizam a produção. Este resultado indica que a espécie opera com máxima eficiência produtiva sob um ligeiro déficit hídrico. No entanto, a exposição a tensões de até $-6,0$ mca não inviabiliza a produção, evidenciando a notável resiliência da espécie ao déficit hídrico. A faixa de potencial de $0,6$ a $1,00$ mca, tradicionalmente apresentadas como capacidade de campo, proporcionaram uma baixa eficiência do uso da água, já as demais faixas apresentaram EUA próximas de 100%. A faixa de potencial de água no solo demonstrou influência significativa sobre as variáveis produtivas e morfológicas do maracujazeiro, porém não foi observada interação entre o porta-enxerto e a faixa de potencial. A condição de maior disponibilidade hídrica ($-0,6$ a $-1,0$ mca)

proporcionou os melhores resultados, com produção total de 3832,09 go, produção de polpa de 1871,41 g e 26 frutos por planta. À medida que a faixa se tornou mais negativa, observou-se uma redução progressiva nestes parâmetros, com a produção total caindo para 1287,6 g e o número de frutos para 11 na faixa de -5,0 a -6,0 mca. Apesar disso, em condições de menor disponibilidade hídrica, pode-se usar a faixa de potencial de 2,00- a 2,56 mca, pois não apresentou diferença estatística em número de frutos e massa de polpa dos frutos em relação a faixa de 0,6 a 1,00 mca.

Palavras-chave: Estresse hídrico; fisiologia vegetal; produtividade; Passifloraceae; enxertia.

**MATRIC POTENTIAL RANGES FOR IRRIGATION MANAGEMENT OF *Passiflora*
cincinnata Mast. SOIL WATER SENSING**

Supervisor: Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva.

Co-supervisor: Prof. Dr. Francisco Airdesson Lima do Nascimento.

ABSTRACT: Fruits from endemic species of the Caatinga Biome represent a source of livelihood for local communities, although their production chain lacks full development. Illustratively, the Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.), a plant that produces fruits with high demand in domestic and international markets and holds potential for adding value to by-products (pulp, essential oils, animal feed, and cosmetics), has been little studied. Despite technological advances in irrigation components and equipment, an informational gap persists regarding proper water management for this fruit crop. In this context, the transpiration regulation capacity exhibited by xerophytic species of the Caatinga under water stress conditions suggests the applicability of soil water sensing (SWS) as a precise strategy for irrigation management. However, the implementation of SWS faces complex challenges, among which defining the optimal range of soil matric potential for drought-adapted species stands out. The wild passion fruit vine presents itself as an alternative for passion fruit producers, either as a rotation crop or as a rootstock. Given the above, the present work aims to: I- Evaluate the production of *Passiflora cincinnata* Mast. subjected to different ranges of soil water potential; II- evaluate the agronomic performance of *Passiflora edulis* Sims. as a rootstock for *Passiflora cincinnata* Mast., subjected to different ranges of soil water potential. The experiment was conducted in a protected environment, in the city of Cruz das Almas, Bahia (Latitude: 12° 40' 12" S, Longitude: 39° 06' 07" W), from November 2023 to January 2025. Soil water content was continuously monitored using capacitive sensors (TDR probes) installed in the root zone of the plants. Two cultivation experiments were conducted: The first with emphasis on *Passiflora cincinnata* Mast. and another focused on *Passiflora edulis* Sims. (cultivar BRS Gigante Amarelo) grafted onto *P. cincinnata*. In both cultivation experiments, the treatments consisted of the constant maintenance of 4 ranges of soil water potential: $\psi = -0.6$ to -1.0 ; -2.0 to -2.56 ; -3.3 to -4.0 and -5.0 to -6.0 m H₂O. After harvest, the following were evaluated: fruit mass, endocarp mass (pulp and seeds), fruit length and diameter, fruit production per plant and per hectare, water use efficiency, and productivity. The production and productivity of *Passiflora cincinnata* Mast. are influenced by the tension ranges, but not in a traditional way, as the tension range of -2.00 to -2.56 m H₂O was considered the ideal management range, values below that considered field capacity. Tension ranges between -3.3 to -6.0 m H₂O decrease initial production and productivity but do not make production unviable. This result indicates that the species operates with maximum productive efficiency under a slight water deficit. However, exposure to tensions of up to -6.0 m H₂O does not preclude production, highlighting the species' notable resilience to water deficit. The potential range of -0.6 to -1.00 m H₂O, traditionally presented as field capacity, provided low water use efficiency, while the other ranges presented WUE close to 100%. The soil water potential range demonstrated a significant influence on the productive and morphological variables of the passion fruit vine, but no interaction was observed between the rootstock and the potential range. The condition of greater water availability (-0.6 to -1.0 m H₂O) provided the best results, with total production of 3832.09 g, pulp production of 1871.41 g, and 26 fruits per plant. As the range became more negative, a progressive reduction in these parameters was observed, with total production falling to 1287.6 g and the number of fruits to 11 in the -5.0 to -6.0 m H₂O

range. Despite this, under conditions of lower water availability, the potential range of -2.00 to -2.56 m H₂O can be used, as it showed no statistical difference in the number of fruits and fruit pulp mass compared to the range of -0.6 to -1.00 m H₂O.

Keywords: Water stress; plant physiology; productivity; Passifloraceae; grafting.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I:

Tabela 1 - Propriedades hidráulicas do solo utilizado no experimento.

Tabela 2 - Limites superiores de água no solo utilizados como referência para o cálculo do volume de água a ser aplicado em cada tratamento.

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) para as variáveis morfológicas estudadas no experimento.

Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros de qualidade dos frutos de maracujá-do-mato sob diferentes faixas de potencial hídrico

Capítulo II:

Tabela 1 - Propriedades hidráulicas do solo utilizado no experimento.

Tabela 2 - Faixas de Potencias escolhidos como limites superiores de água no solo e valores de umidade correspondentes.

Tabela 3 – Análise de variância (ANOVA) para as variáveis produção (PROD), soma da massa de endocarpo (SME), e média da massa de endocarpo (MME).

Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) para as variáveis comprimento do fruto (CF), diâmetro longitudinal do fruto (DF), número de frutos colhidos (NF) e massa média de fruto por tratamento (MMF).

Tabela 5 - Resultados das variáveis de qualidade dos frutos.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I:

Figura 1 - Curva de retenção de água no solo

Figura 2 - Mudanças após os transplantes.

Figura 3 - Tutoramento dos Maracujazeiros do Mato.

Figura 4 - Curva de calibração da sonda.

Figura 5 - Lâmina de irrigação aplicada no cultivo do maracujazeiro do mato submetidos a diferentes faixas de potencial de água no solo.

Figura 6 - Eficiência do Uso da Água do *P. cincinnata* submetidos a diferentes faixas de potencial de água no solo.

Figura 7 - Comparação Entre o Volume Total Irrigado e a ETc.

Figura 8 - Número Total de Frutos Produzidos em 303 dias após o plantio.

Figura 9 - Massa média dos frutos produzidos por cada tratamento.

Figura 10 - Comprimento médio em milímetros dos frutos colhidos durante o experimento.

Figura 11 - Diâmetro médio em milímetros dos frutos colhidos durante o experimento.

Figura 12 - Razão comprimento/diâmetro dos frutos produzidos no experimento.

Figura 13 - Massa total de frutos produzidos ao longo do período do experimento em gramas

Figura 14 - Produtividade inicial estimada em tonelada por hectare.

Figura 15 - Massa total de endocarpo produzida ao longo do experimento.

CAPÍTULO II:

Figura 1 - Interior da Casa de Vegetação Logo Após os Transplantes das Mudanças

Figura 2 - Sensor capacitivo tipo TDR (Time-Domain-Reflectometry) acopladas ao reflectómetro modelo TDR 100 da Campbell Scientific.

Figura 3 - Confecção das Sondas TDR.

Figura 4 - Material Utilizado Para a Irrigação das Plantas Durante o experimento.

Figura 5 - Volume de água total aplicada durante o experimento

Figura 6 - Volume de água aplicado por planta (L) no cultivo do maracujazeiro propagado por enxertia e por sementes submetido a diferentes limites críticos superiores de potencial de água no solo.

Figura 7 - Produção total (g) de fruto das plantas submetidas a diferentes limites superiores de tensão de água no solo

Figura 8 - Produção média Total de Polpa das duas formas de propagação.

Figura 9 - Número de frutos colhidos durante o período experimental.

Figura 10 - Média de massa do fruto por tratamento

Figura 11 - Média de Massa de Polpa por Tratamento.

Figura 12 - Produtividade por tratamento.

Figura 13 - Produtividade da Água.

Figura 14 - Comparação Entre os Primeiros Frutos provenientes do Pé-franco e da Enxertia.

Figura 15 - Comprimento médio do fruto por tratamento.

Figura 16 - Diâmetro Longitudinal médio do fruto por tratamento.

LISTA DE SIGLAS

ABA - Abscisic Acid;
ANOVA - Analysis of Variance;
BRS - Bus Rapid System;
CABMV - Cowpea Afhidborne Mosaic Virus;
CAM - Crassulacean Acid Metabolism;
CAT - Chloramphenicol Acetyltransferase;
CF – Comprimento do Fruto;
DAE – Dias Após a Emergência;
DBC – Delineamento em Blocos Casualizados;
DF – Diâmetro Longitudinal do Fruto;
DIC – Delineamento Inteiramente Casualizado;
DNA - Deoxyribonucleic Acid;
ETc – Evapotranspiração da Cultura;
ETP – Evapotranspiração Inicial;
ETPc – Evapotranspiração Total da Cultura;
EUA – Eficência de Uso da Água;
EWPI - Economic Water Productivity;
FAO - Food and Agriculture Organization;
FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio;
FDR - Frequency Domain Reflectometry;
GEWPI - Gross Economic Water Productivity;
GL - Graus de Liberdade;
HEIS - High Efficiency Irrigation Systems;
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística;
INSA – Instituto Nacional do Semiárido;
IWU – Irrigation Water Use;
Ka – Permissividade Dielétrica;
Kc – Coeficiente da Cultura;
MAPA – Ministério da agricultura Pecuária e Abastecimento;
MF – Massa Fresca do Fruto;
MI – Modelagem Inversa;
MME – Massa Média de Endocarpo por Planta;
MOS – Matéria Orgânica do Solo;
NEWPI - Net Economic Water Productivity;
NF – Número de Frutos Colhidos;
PA – Produtividade da Água;
PEA – Produtividade Econômica da Água;
PROD – Produção;
PROTI – Produtividade;

PVC - Policloreto De Vinila;
RDI - Regulated deficit irrigation;
ROS - Reactive Oxygen Species;
SAS – Sensoriamento de Água no Solo;
SOD - Superoxide dismutase;
TDR – Time Domain Reflectometry;
TWU – Total Water Usage;
UFRB – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia;

VAI – Volume de Água de Irrigação;

Sumário

1.INTRODUÇÃO GERAL	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	4
2.10 Semiárido Brasileiro: Características Ambientais e Desafios na Gestão de Recursos Hídricos	4
2.2 Efeitos do Déficit Hídrico no Crescimento e Desenvolvimento das Plantas	6
2.3 Eficiência no Uso da Água e Produtividade da Água em Sistemas Agrícolas	9
2.4 Manejo de Irrigação Via Solo	12
2.5 Sistemas de Produção Com Espécies Xerófilas	17
2.6 Aspectos Agronômicos da Cultura do Maracujá	19
2.7 Importância Socioeconômica da Cultura do Maracujá no Brasil	20
2.8 Caracterização Agronômica do Maracujá-Amarelo (<i>Passiflora edulis</i> Sims.).....	21
2.9 Caracterização do Maracujá do Mato (<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.).....	22
2.10 Propagação Vegetativa Através da Enxertia	23
3. REFERÊNCIAS	28
I. DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE POTENCIAL DE ÁGUA NO SOLO IDEAL PARA O CULTIVO DO MARACUJAZERIO DO MATO <i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	42
RESUMO:	42
1. INTRODUÇÃO.....	44
2.METODOLOGIA.....	45
2.1 Descrição Geral do Experimento.....	45
2.2 Irrigação e Instrumentação Utilizadas	48
2.3 Variáveis Analisadas e Procedimento Estatístico.....	50
2.4 Análise dos Frutos	52
2.5 Análise Estatística	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4. CONCLUSÃO.....	63

5. REFERÊNCIAS:	64
II MANEJO DE IRRIGAÇÃO COM DIFERENTES FAIXAS DE POTENCIAL MÁTRICO NO CULTIVO DE (<i>Passiflora edulis</i> Sims.) ENXERTADO EM (<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.)	67
1. INTRODUÇÃO.....	70
2.MATERIAIS E MÉTODOS	71
2.1 Caracterização da Área Experimental e Condições do Experimento	71
2.2 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	72
2.3 Condições do Experimento e Monitoramento da Umidade do Solo	72
2.4 Avaliações Fitotécnicas.....	77
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.	77
4. CONCLUSÃO.....	91
5. REFERENCIAS	92

1. INTRODUÇÃO GERAL

O extrativismo de frutos de espécies vegetais endêmicas e adaptadas à Caatinga tem sido, por muito tempo, uma fonte de sustento para diversas comunidades. Recentemente, o processamento desses frutos tem ganhado destaque e interesse comercial, impulsionado pelos esforços de cooperativas do semiárido baiano, resultando em uma demanda que supera a oferta (Agência Eco Nordeste, 2023). Frutos como o maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) apresentam um potencial consistente para agregação de valor em subprodutos como polpas, doces, geleias, bebidas, óleos essenciais, ração animal, cosméticos e filmes biodegradáveis (Paiva, 2021; Silva, 2024).

No estado da Bahia, a pesquisa científica em engenharia agrícola tradicionalmente se concentra em fruteiras convencionais (banana, mamão, citros, maracujá amarelo), que demandam um aporte significativo de água para produção. Contudo, a Caatinga abriga um vasto conjunto de plantas nativas com múltiplos usos a partir de seus frutos, folhas e caules. Essas espécies, adaptadas e resilientes, propagam-se mesmo diante das adversidades do ambiente semiárido, como a escassez hídrica.

A Caatinga, com suas condições sazonais específicas e biodiversidade exclusiva, é um bioma único para explorar o potencial de espécies vegetais endêmicas e adaptadas. No entanto, a agregação de valor à colheita e a inserção de frutos e sementes nativas no mercado interno e externo enfrentam desafios, como a dependência de chuvas e a carência de estudos que viabilizem a produção planejada com baixa demanda hídrica (Camacam, Messias., 2022).

As chuvas na Caatinga são concentradas em um curto período do ano, tornando a perenização e o planejamento da produção dependentes da irrigação. Com as mudanças climáticas, as chuvas passam a não mais ocorrer nos períodos esperados pelas comunidades e povos tradicionais da Caatinga. Somente com irrigação será possível o cultivo sistematizado e planejado de frutas, independentemente do período chuvoso. Sendo a água o fator mais limitante, a irrigação deve ser utilizada na quantidade mínima suficiente para otimizar o uso dos recursos hídricos (Andrade, 2024).

O desafio reside na adaptação das tecnologias de irrigação, avançadas em componentes e equipamentos. Apesar do avanço em tecnologias e equipamentos de irrigação manejo hídrico em lavouras xerófilas carece de informações específicas. As abordagens tradicionais de manejo, baseadas em variáveis atmosféricas ou na água do solo, são limitadas pela capacidade das plantas xerófilas de regular a transpiração em condições de estresse hídrico. Portanto,

sensoriamento da água no solo (SAS) emerge como uma estratégia mais eficaz (Lima, 2021). Contudo, o SAS impõe o desafio de definir a faixa ideal de disponibilidade hídrica para o manejo da irrigação em xerófilas visando a otimização do uso da água e a manutenção da produtividade. Embora a capacidade de campo seja o valor máximo de água disponível no solo tradicionalmente aceito, a redução dos valores críticos de referência pode, de fato, aumentar a produção e diminuir o volume de água necessário para a irrigação (Veimrober Júnior *et al.*, 2022).

Culturalmente, o maracujá do mato é valorizado em regiões semiáridas do Nordeste, com ampla distribuição geográfica no Semiárido brasileiro, especialmente na Caatinga (Faleiro; Junqueira, 2016). Essa espécie possui grande potencial comercial, inclusive no mercado internacional, destacando-se sua produtividade e tolerância ao estresse hídrico (Faleiro *et al.*, 2016). No entanto, a literatura sobre a melhor forma de produzir essa espécie em larga escala é limitada, e o cultivo comercial do maracujazeiro do mato ainda enfrenta desafios significativos, principalmente relacionados ao manejo fitossanitário, técnicas de propagação e sistemas de irrigação. Pesquisas são necessárias para fornecer aos produtores informações sobre a demanda hídrica, o fator de eficiência e a produtividade de diferentes formas de propagação.

A enxertia é um método de multiplicação vegetativa que une duas plantas (enxerto e porta-enxerto) para formar uma nova planta (Machado *et al.*, 2015). A enxertia do maracujá amarelo em maracujá do mato pode conferir tolerância à seca e a doenças radiculares ao maracujá amarelo, permitindo a mesma produção com menor consumo de água. O maracujazeiro do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) apresenta tolerância superior a *Fusarium* sp. em comparação com as cultivares de maracujazeiro amarelo disponíveis no mercado (Araújo *et al.*, 2019), tornando-o um excelente porta-enxerto para o manejo integrado de doenças do maracujazeiro comercial.

Entre os métodos de enxertia, a garfagem dos tipos fenda cheia e fenda simples (ou inglês simples) são as mais empregadas no maracujazeiro devido à sua facilidade de execução. O sucesso da tecnologia de mudas enxertadas depende fundamentalmente das propriedades do porta-enxerto e do enxerto (Machado *et al.*, 2015). Para ser indicado como porta-enxerto, uma variedade de maracujazeiro deve apresentar facilidade de propagação, compatibilidade com o enxerto, resistência a patógenos do solo e à morte prematura da planta, além de garantir rápido crescimento e elevada produtividade. Entre as espécies de *Passiflora* resistentes ou tolerantes aos principais patógenos do solo, *P. cincinnata* destaca-se por sua resiliência e adaptação às condições semiáridas (Faleiro; Junqueira, 2016).

O *Passiflora cincinnata* é uma espécie vegetal resistente, adaptável a diversos tipos de solo. (Araújo *et al.*, 2019) indicam que temperaturas médias anuais de 26°C, com máximas de 31,7°C e mínimas de 19,8°C, são ideais para o sistema produtivo da 'BRS Sertão Forte', sendo recomendável evitar temperaturas abaixo de 15°C. Quanto aos tipos de solo, é crucial evitar aqueles com risco de encharcamento, preferindo solos profundos e com boa drenagem, a espécie ocorre espontaneamente em solos com teores de areia entre 44% e 94%, silte de 1% a 39% e argila de 2% a 48% (Araújo *et al.*, 2019), indicando seu potencial de cultivo em diversos solos do Semiárido.

Apesar da tolerância ao estresse hídrico, a cultivar de maracujá do mato BRS Sertão Forte produz melhor sob irrigação, seja por gotejamento ou microaspersão (Marçal *et al.*, 2018). O manejo adequado da irrigação é fundamental para maximizar a produtividade e a qualidade dos frutos, especialmente em regiões com chuvas irregulares, como o semiárido brasileiro. Em qualquer circunstância, a 'BRS Sertão Forte' apresenta resultados superiores em solos compostos por 73% de areia, 7% de silte e 20% de argila, com pH entre 5,7 e 7,0 (Araújo *et al.*, 2019).

O manejo adequado da irrigação pelo solo pode potencializar significativamente o cultivo do maracujazeiro do mato, especialmente em regiões semiáridas. Estudos de Pereira *et al.* (2008) demonstraram que o desenvolvimento de mudas de *Passiflora cincinnata* é diretamente influenciado pelas condições hídricas do substrato, com impactos no crescimento vegetativo e na qualidade das mudas. Assim, mesmo em cultivos com plantas enxertadas, o gerenciamento da irrigação é essencial, pois práticas adequadas beneficiam a cultura e os produtores, muitos deles da agricultura familiar. A pesquisa sobre o manejo adequado de *Passiflora cincinnata* Mast. e de *Passiflora edulis* Sims enxertadas sobre *P. cincinnata* é de grande importância para o desenvolvimento sustentável da cultura do maracujá.

Machado *et al.*, (2015) mencionam que a propagação vegetativa por enxertia no maracujazeiro ainda é uma técnica recente, devido à escassez de informações sobre seus efeitos, taxa de pegamento, desenvolvimento em campo e resistência conferida pelo porta-enxerto a doenças. A investigação desses aspectos é crucial para o aprimoramento da cultura e contribui para o desenvolvimento sustentável da produção de maracujá.

Diante do apresentado é possível entender que o maracujazeiro do mato pode ser utilizado como uma alternativa para os produtores do maracujá, bem como porta enxerto servindo como técnica para aumentar ou manter a produção utilizando menos água no manejo

da irrigação. Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivos: I- Avaliar a produção de *Passiflora cincinnata* Mast. submetida a diferentes faixas de potenciais de água no solo; II- avaliar o desempenho agrônômico do *Passiflora edulis* Sims. como porta enxerto do *Passiflora cincinnata* Mast., submetidos a diferentes faixas de potenciais de água no solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Semiárido Brasileiro: Características Ambientais e Desafios na Gestão de Recursos Hídricos

A região semiárida brasileira, que abrange 11 estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Maranhão, Rio Grande do Norte, Sergipe, Minas Gerais e Espírito Santo), estende-se por 1.335.298 km², distribuídos em 1.477 municípios, e abriga aproximadamente 31 milhões de habitantes (INSA, 2024). O clima dessa região é marcado por altas temperaturas, baixa umidade e períodos de estiagem que podem se prolongar por cinco a oito meses. As chuvas, com média anual entre 300 mm e 800 mm, são concentradas no verão, breves e intensas (INSA, 2024). A alta variabilidade espacial e temporal das precipitações, aliada a formações geológicas cristalinas, restringe a disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Zanella, 2014), impactando a ecologia local e a agricultura (Mata et al., 2024).

A heterogeneidade dos solos é uma característica marcante do semiárido, com propriedades distintas mesmo em curtas distâncias (Cunha et al., 2010; Ferreira; Cantillo-Pérez; Souza, 2020; Mata et al., 2024). Essa variabilidade exige abordagens de manejo específicas. São encontrados Neossolos (muitas vezes Litólicos), Luvisolos e Planossolos, cada um com suas potencialidades e limitações (Ferreira; Cantillo-Pérez; Souza, 2020; Vendruscolo et al., 2022). Em termos de fertilidade, os solos frequentemente apresentam baixa disponibilidade de fósforo (P) e baixos teores de matéria orgânica (MOS), desafios críticos para a produtividade agrícola (Mata et al., 2024; Vendruscolo et al., 2022). A disponibilidade de cálcio (Ca) e potássio (K) também pode ser limitante (Vendruscolo et al., 2022), e a acidez do solo varia, influenciando a necessidade de práticas corretivas como a calagem (Mata et al., 2024). Restrições físicas, como a presença de horizontes com maior teor de argila em Luvisolos e Planossolos, afetam a dinâmica da água no perfil (Ferreira; Cantillo-Pérez; Souza, 2020). A estrutura do solo é sensível ao uso e manejo, com alterações observadas em áreas cultivadas ou sob pastejo (Arcoverde et al., 2018).

É indispensável que haja gestão de recursos hídricos no semiárido, dada a suscetibilidade da região à salinização do solo e das águas (Castro; Santos, 2020). A escassez

hídrica compromete o ciclo das culturas, afetando a fase vegetativa, a taxa fotossintética, a fixação de carbono, o desenvolvimento dos ramos, e pode causar abortamento de flores e desarranjo na maturação dos frutos, resultando em perda de qualidade (Santos; Carlesso, 1998).

Embora o Brasil possua 12% dos recursos de água doce do mundo, a distribuição é desigual (Pasqualetto et al., 2022). A Bacia Amazônica detém 74% da água doce superficial do país (Pasqualetto et al., 2022), enquanto o Nordeste possui apenas 3% do total nacional, com 63% desse percentual na bacia do rio São Francisco e 15% na bacia do rio Parnaíba (Brito; Silva; Porto, 2007). O semiárido brasileiro, que ocupa a maior parte do Nordeste, enfrenta reduzida disponibilidade hídrica superficial devido aos baixos volumes pluviométricos (Marengo et al., 2020).

Estudos indicam uma conexão climática entre a Bacia Amazônica e o semiárido. O desmatamento na Amazônia pode desequilibrar as condições climáticas em diversas regiões brasileiras, incluindo o semiárido (Pacheco, 2021), pois o bioma amazônico regula o clima e a distribuição de chuvas na América do Sul. Os mecanismos de controle da variação sazonal da transpiração na floresta amazônica influenciam os padrões de precipitação em regiões distantes (Souza Filho et al., 2005). A umidade transportada pelos rios voadores, ao encontrar barreiras orográficas, pode gerar precipitações no interior do Nordeste, recarregando aquíferos e mantendo rios intermitentes (Buriti; Barbosa, 2018). Durante eventos de El Niño, secas intensas na Amazônia reduzem o transporte de umidade para o Nordeste, agravando a estiagem no semiárido (Marengo e Bernasconi, 2015), reforçando a importância da conservação amazônica para a segurança hídrica da região. Essa distribuição heterogênea dos recursos hídricos, com o Norte concentrando 80% da disponibilidade nacional e o Nordeste enfrentando escassez crônica, evidencia um paradoxo (Rebouças, 2004).

Na região Nordeste, 51 açudes abastecem 43 Perímetros Irrigados, correspondendo a cerca de 50.000 ha de área irrigável (ANA, 2022). Para compensar a falta de recursos hídricos, milhares de grandes reservatórios superficiais foram construídos por iniciativas diversas, tornando a região nordestina a que possui a maior capacidade de água acumulada artificialmente no planeta (Zuffo, 2019).

2.2 Efeitos do Déficit Hídrico no Crescimento e Desenvolvimento das Plantas

A água constitui-se em componente essencial à vida vegetal, sendo responsável por processos indispensáveis como fotossíntese, transporte de nutrientes, regulação térmica e manutenção do turgor celular, além de representar de 90% a 95% da biomassa verde das plantas (Taiz *et al.*, 2017).

O déficit hídrico, enquanto fator abiótico, ocorre quando o suprimento de água disponível no solo está abaixo do que a planta precisa para manter o funcionamento de suas necessidades fisiológicas, limitando sua capacidade de absorver e utilizar eficientemente esse recurso (Campelo *et al.*, 2018). Não se trata apenas da ausência de água no ambiente, mas sim de um desequilíbrio no balanço hídrico interno da planta, onde a demanda evaporativa da atmosfera supera a capacidade de reposição de água pelo sistema radicular (Larcher, 2005).

Esse fenômeno pode ser causado por fatores como precipitação reduzida, alta evapotranspiração ou má gestão de irrigação, levando a alterações metabólicas e morfológicas nas plantas (Gupta; Rico-Medina; Caño-Delgado, 2020)

Tal condição afeta a produção e desenvolvimento de vários vegetais, principalmente em períodos secos o qual o índice fluvial é menor (Campos *et al.*, 2021) e em condições extremas, o déficit hídrico pode causar a morte celular por desidratação ou falha no transporte hidráulico. Conforme os estudos de Hajek *et al.*, (2022), a desidratação severa dos tecidos causada por falha hidráulica do xilema marca o estágio final do processo de morte das arbóreas em condições de seca.

Entretanto, existem diversas maneiras das quais as plantas podem reagir ao estresse hídrico por meio de uma série de processos fisiológicos, celulares e moleculares que culminam na tolerância ao estresse hídrico (Shinozaki; Yamaguchi Shinozaki, 2006). A adaptação vegetal ao ambiente envolve a harmonização do organismo ao meio por meio de ajustes funcionais e estruturais, conforme descrito por Rizzini (1997). A maneira como uma planta reage à falta de água está diretamente relacionada ao seu grupo funcional, ou seja, às suas características físicas, estruturais e, principalmente, ao seu metabolismo fotossintético.

As consequências do estresse hídrico são variáveis, dependendo da severidade, duração, espécie vegetal e seu estágio fenológico. Contudo, as respostas geralmente convergem para estratégias de conservação de água, muitas vezes à custa do crescimento e da produtividade

(Hsiao, 1973; Chaves *et al.*, 2003). Uma das respostas iniciais mais significativas é a redução da condutância estomática. Esse fechamento parcial ou total dos estômatos limita a difusão de dióxido de carbono (CO₂) para o interior da folha, restringindo diretamente a taxa fotossintética, efeito particularmente notável sob condições de estresse hídrico leve a moderado (Lawlor; Cornic, 2002). À medida que o estresse se intensifica e prolonga, podem ocorrer danos não estomáticos ao aparato fotossintético, comprometendo ainda mais a capacidade de fixação de carbono.

A consequente diminuição na assimilação de carbono leva à redução na produção de fotoassimilados, como açúcares, que são essenciais para o crescimento e manutenção da planta. Isso resulta na inibição de processos de crescimento, incluindo a expansão foliar, o alongamento caulinar e o desenvolvimento de órgãos reprodutivos e de reserva, culminando na redução da biomassa total e da produtividade agrícola (Hsiao, 1973; Santos; Carlesso, 1998).

Em nível radicular as plantas modificam a quantidade de água que transportam dentro dos vasos de xilema. Em situações menos severas, alguns tipos de plantas podem aumentar o número de aquaporinas (proteínas que transportam água nas células) para sugar mais água do solo, enquanto sob estresse severo, a condutividade pode ser reduzida para minimizar a perda de água para um solo excessivamente seco (Aroca *et al.*, 2012).

Outro mecanismo adaptativo relevante é o ajuste osmótico, no qual as células acumulam solutos osmoticamente ativos (prolina, açúcares, íons) para diminuir o potencial osmótico celular. Isso ajuda a manter a turgescência e o gradiente de potencial hídrico favorável à absorção de água, mesmo sob baixa disponibilidade hídrica no solo (Pamungkas *et al.*, 2022).

As plantas exibem um espectro de estratégias para enfrentar a seca, classicamente agrupadas em escape (completar o ciclo de vida rapidamente antes da estação seca), evitação (manter alto potencial hídrico através da otimização da absorção e minimização da perda de água) e tolerância (manter funções fisiológicas mesmo com baixo potencial hídrico) (Pamungkas *et al.*, 2022).

As plantas xerófilas, especializadas em ambientes áridos, desenvolveram adaptações marcantes, como elevada eficiência no uso da água (EUA), frequentemente associada ao metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), controle estomático preciso e características morfológicas como a succulência (Taiz *et al.*, 2017). Em contraste, as mesófitas, adaptadas a condições de umidade moderada, respondem primariamente ao déficit hídrico através do

fechamento estomático, um processo frequentemente mediado pelo ácido abscísico (ABA), e outros mecanismos de evitação (Gupta; Rico-Medina; Caño-Delgado, 2020).

A manifestação externa do déficit hídrico progride com a intensidade do estresse. O sintoma inicial mais comum é a murcha, resultante da perda de turgescência celular, que pode evoluir de temporária para permanente (Hsiao, 1973; Taiz *et al.*, 2017). Alterações na coloração foliar (tonalidade verde-acinzentada) e na orientação das folhas (movimentos paraheliotrópicos, enrolamento) são também observadas como mecanismos para reduzir a carga térmica e a transpiração (Kao; Tsai, 1998). A inibição do crescimento, refletida em folhas menores e entrenós mais curtos, é uma consequência direta da sensibilidade da expansão celular ao turgor (Santos; Carlesso, 1998). Com a persistência do estresse, ocorrem sintomas mais severos como a senescência precoce (amarelecimento e necrose foliar) e a abscisão das folhas mais velhas, mecanismos drásticos para reduzir a área transpiratória (Munné- Bosch; Alegre, 2004).

Em nível celular, o déficit hídrico induz o estresse oxidativo através da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS). As plantas respondem ativando sistemas de defesa antioxidante enzimáticos (SOD, CAT, POD) para mitigar os danos a membranas, proteínas e DNA (Gill; Tuteja, 2010; Ramos *et al.*, 2022). Em casos extremos, a falha hidráulica no xilema (embolia) e o colapso metabólico podem levar à morte da planta (McDowell *et al.*, 2008).

O maracujazeiro amarelo, é uma planta particularmente sensível à disponibilidade hídrica (Segatto; Júnior, 2019). Quando submetido a déficit hídrico, *P. edulis* tem seu crescimento é inibido, resultando em menor área foliar e menor acúmulo de biomassa (Cavalcante *et al.*, 2022; Gomes, 2010).

Em suma, A resposta das plantas ao déficit hídrico é um processo complexo que envolve uma interação intrincada de mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos. A diversidade de estratégias adaptativas observadas entre diferentes grupos funcionais de plantas reflete a pressão seletiva imposta pela disponibilidade de água. O entendimento aprofundado dessas respostas é essencial para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis, incluindo o manejo eficiente da irrigação e o melhoramento genético de culturas visando maior tolerância à seca, um desafio crescente em face das mudanças climáticas globais.

2.3 Eficiência no Uso da Água e Produtividade da Água em Sistemas Agrícolas

Eficiência no Uso da Água (EUA) e Produtividade da Água (PA) são dois conceitos distintos, mas relacionados, usados no contexto da gestão hídrica na agricultura. Tradicionalmente, a EUA tem sido definida como a quantidade de carbono assimilado, em termos de biomassa ou grãos produzidos, por unidade de água utilizada por uma cultura (Hatfield; Dold, 2019).

A EUA é um conceito fundamental na gestão dos recursos naturais, especialmente na agricultura, onde a prática da irrigação desempenha um papel importante. Esse conceito envolve a forma como a água é utilizada para obter determinados níveis de produtividade agrícola ou ganhos econômicos (Liu *et al.*, 2011), ou seja, ela serve como uma medida de referência que mede a produção de biomassa em relação ao consumo de água (Kilemo, 2022).

Em contrapartida, a produtividade da água, concentra-se na relação entre o produto obtido (seja biomassa, produto comercializável ou valor econômico) e a quantidade de água utilizada para obtê-lo (Heydari, 2014). O conceito de PA foi cunhado por Molden (1997) e ganhou ampla aceitação embora existam variações na sua definição e cálculo (Kijne *et al.*, 2003; Fernández *et al.*, 2020). Isto significa que enquanto a EUA analisa a eficiência do uso da água na produção de biomassa, a PA preocupa-se com o valor gerado por unidade de água, o que muitas vezes leva a discussões sobre retornos econômicos e otimização de recursos.

De forma mais específica, Perry *et al.* (2009) e Heydari (2014), definem a EUA em nível de cultura (EUAc) como a razão entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a soma da água aplicada via irrigação (I) e a precipitação (P) durante o ciclo:

$$EUAc = ETc / (I + P)$$

Essa definição foca na eficiência do sistema (Solo, Planta e Atmosfera) em converter a água disponibilizada (irrigação + chuva) em água consumida pela cultura (ETc).

Porém, existem outras maneiras de se definir a eficiência de uso da água. Fisiologistas vegetais, por exemplo, frequentemente utilizam o termo "eficiência intrínseca do uso da água" (EUAI), medida em nível foliar, que relaciona a taxa de assimilação líquida de CO₂ (fotossíntese) com a condutância estomática (gs), refletindo na quantidade de carbono fixado por unidade de água transpirada através dos estômatos (Turner; Kramer, 1980; Fernández *et al.*,

2020). Outras definições em nível de planta ou cultura podem relacionar a biomassa total produzida com a água transpirada (E_p) ou a evapotranspiração total da cultura (ETPc) (Viets Jr, 1962; Flexas *et al.*, 2010; Fernández *et al.*, 2020).

Essa diversidade de definições ressalta a importância de clarificar qual indicador de EUA está sendo utilizado em cada contexto, pois diferentes métricas avaliam aspectos distintos da relação água-planta-ambiente (Molden *et al.*, 2003; Foster; Perry, 2010; Pereira *et al.*, 2012). A confusão terminológica pode dificultar a comparação entre estudos e a aplicação prática dos resultados (Perry, 2011; Fernández *et al.*, 2020).

Já a PA é mais comumente expressa em termos biofísicos ou químicos, e geralmente relaciona a massa de produto comercializável por unidade de volume de água consumida. Há um consenso de que o numerador da unidade seja expresso em (kg ha^{-1}), mas a unidade do volume de água pode variar (Fernández *et al.*, 2020). Há divergências entre alguns autores sobre qual quantidade de água deve estar envolvida no cálculo, alguns sugerem incluir as perdas por percolação e escoamento, enquanto outros admitem apenas a na lâmina de irrigação aplicada) (Rodrigues; Pereira, 2009; Fernández *et al.*, 2020).

Entretanto, a produtividade da água também pode ser expressa em termos econômicos, relacionando o valor monetário gerado com a água utilizada. Essa abordagem é muito importante no momento da tomada de decisão do produtor que visa a maximização do lucro (Pereira *et al.*, 2012; Levidow *et al.*, 2014; Fernández *et al.*, 2020). A escolha do denominador depende do objetivo da análise. Usar ETc foca na relação fisiológica planta-água, enquanto usar a água de irrigação (IWU) avalia a produtividade direta da água de irrigação fornecida.

Dentre as formas mais usuais de se avaliar a PA, destacam-se as formas de se avaliar a produtividade econômica da água (PEA), que é expressa em termos econômicos e relaciona a água utilizada com o valor monetário que o uso da água gera. Essa abordagem é especialmente utilizada pelo produtor que visa a maximização do lucro ou otimizar recurso financeiro. (Pereira *et al.*, 2012; Levidow *et al.*, 2014; Fernández *et al.*, 2020).

O manejo de irrigação se mostra essencial tanto na melhoria da eficiência de uso da água (EUA) quanto na produtividade da água (PA), seja ela econômica ou biofísica. As escolhas relacionadas ao sistema de irrigação, a estratégia que será usada (se completa ou com déficit) e

a forma de programar a irrigação são pontos importantes para garantir que a água seja usada de maneira consciente na agricultura. (Fernández *et al.*, 2020).

Para um manejo de qualidade, a escolha do sistema de irrigação influencia diretamente na quantidade de água que chega as plantas. Sistemas pressurizados, como por exemplo a irrigação por gotejamento, aspersão ou microaspersão tendem a apresentar uma maior eficiência de aplicação em comparação com sistemas mais tradicionais (Sulcos, inundações), pois minimizam perdas por percolação profunda e escoamento superficial (Hasan *et al.*, 2021).

Optar por Sistemas de Irrigação de Alta Eficiência (High Efficiency Irrigation Systems - HEIS), como o gotejamento, é especialmente importante para aumentar a produtividade da água em regiões secas e semiáridas (Farid *et al.*, 2019), onde os agricultores são frequentemente obrigados a aplicar estratégias de irrigação deficitária e a gerenciar o abastecimento de água de acordo com a sensibilidade dos estágios de crescimento da cultura ao estresse hídrico. No entanto, a eficiência geral do sistema depende também da manutenção adequada da infraestrutura e da gestão operacional.

O manejo da irrigação se apresenta como sendo fundamental na otimização tanto da eficiência no uso da água (EUA) quanto da produtividade da água (PA), seja ela biofísica ou econômica. Decisões sobre o sistema de irrigação, a estratégia adotada (plena ou deficitária) e o método de programação da irrigação são fatores determinantes para o uso racional da água na agricultura (Fernández *et al.*, 2020). O monitoramento eficaz do solo garante que a água seja aplicada apenas quando necessário e na quantidade adequada, enquanto o monitoramento da chuva e do clima ajuda a evitar regas desnecessárias durante chuvas iminentes, conservando assim os recursos hídricos (Bali, 2023).

Nesse contexto, existem estratégias que visam suprir as necessidades hídricas da planta (ETPc), de forma a maximizar o rendimento potencial mesmo em locais sujeitos a seca ou com limitações na disponibilidade de recursos hídricos. Dentre as técnicas utilizadas, vale salientar a Irrigação Deficitária Controlada (Regulated Deficit Irrigation - RDI) que consiste em aplicar menos água que a necessidade plena durante fases específicas do ciclo da cultura que são menos sensíveis ao estresse hídrico, minimizando o impacto na produção final. Essa técnica pode aumentar significativamente a EUA e a PA, embora possa reduzir ligeiramente o rendimento total (Mccarthy *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2022; Borivoj *et al.*, 2021). Um exemplo brasileiro foi o estudo de Marouelli *et al.* (2011), onde os autores destacam que, em várias situações, a

maximização da produtividade e qualidade, especialmente em fruteiras e hortaliças, pode ser alcançada com níveis controlados de déficit hídrico em fases específicas.

Ademais, a escolha de qual estratégia de déficit hídrico utilizar é multifatorial, depende da cultura, das condições climáticas, da disponibilidade de água e dos objetivos econômicos do produtor. Todavia, determinar quando e quanto irrigar é fundamental para otimizar o uso da água. Uma programação inadequada, seja por excesso ou por déficit não planejado, leva à redução da EUA e da PA. Marouelli *et al.* (2011) alertam que mesmo irrigações em excesso, comuns onde há aparente disponibilidade de água, podem submeter as plantas a déficit hídrico se o intervalo entre irrigações for muito longo e a capacidade de armazenamento do solo for ultrapassada. Mesmo assim, a irrigação deficitária é reconhecida como uma ferramenta eficaz para aumentar a produtividade econômica em condições de limitação hídrica (Fernández *et al.*, 2020; Borivoj *et al.*, 2021).

Métodos eficazes de programação baseiam-se no monitoramento das condições do solo, da planta ou da atmosfera. O manejo de irrigação baseado no solo utiliza sensores (tensiômetros, blocos de resistência, TDR, FDR) para medir o potencial ou o conteúdo de água no solo e determinar o momento da irrigação (Marouelli *et al.*, 2011). Para além disso, existem métodos baseados na planta por meio do monitoramento de indicadores do estado hídrico da planta (potencial hídrico, temperatura da folha, diâmetro do caule) para identificar o início do estresse hídrico (Jones, 2004; Fernández *et al.*, 2018;) e baseados na atmosfera que estimam a ETP usando dados climáticos (método Penman-Monteith, Tanque Classe A) e coeficientes de cultura (Kc) para calcular a lâmina de água a ser reposta (Allen *et al.*, 1998; Marouelli *et al.*, 2011).

Fernández *et al.* (2020) reforçam a importância de não se basear apenas em indicadores isolados, mas sim na combinação de indicadores de produtividade da água (biofísica e econômica) com funções de produção e lucro. Essa abordagem integrada permite uma análise mais robusta para a tomada de decisão sobre a melhor estratégia e programação de irrigação, visando maximizar a rentabilidade da exploração agrícola de forma sustentável.

2.4 Manejo de Irrigação Via Solo

Apesar de ser considerada como um recurso natural renovável, a água, um recurso essencial para vida, é limitada. De acordo com Braga, *et al.* (2006), não é possível estabelecer a quantidade exata de água existente em cada compartimento da hidrosfera. Lewis, (2000), estimou que o mundo contenha cerca de 1,4 bilhões de km³ de água. Esse recurso está

distribuído de variadas formas no planeta e muito lugares ao redor do globo já sofrem com a escassez. Esta realidade é ainda mais evidente quando se refere à água de boa qualidade para os diferentes usos, em especial a agricultura.

A produção agrícola depende fundamentalmente da disponibilidade deste recurso natural, e em volumes superiores à maioria das outras atividades humanas, tanto na agricultura de sequeiro e, com ênfase maior, na agricultura irrigada (Miranda, 2011). Pois a disponibilidade de água é um dos fatores mais limitantes no desenvolvimento das culturas.

Além do grande consumo de água, a produção agrícola é uma parte da economia que demanda muita energia. A aplicação da quantidade adequada de água reduz os custos com energia, pois há economia no custo de bombeamento, mão de obra e manutenção dos sistemas de irrigação, contribuindo para a viabilidade econômica da atividade agrícola. Segundo Ferraz Júnior, (2023), os sistemas de irrigação podem representar até 30% dos custos totais de produção em algumas fazendas, e as práticas de eficiência energética têm potencial para reduzir esses custos em 20% a 30%. Isso ocorre devido a diversos fatores, como o grande volume de água utilizado, demandas reais das áreas irrigadas, excesso de irrigação, ou utilização de motores de grande porte.

Nesse contexto, o uso consciente dos recursos hídricos deve estar em constante evolução. Uma das formas de otimizar o uso desse recurso tão essencial para a manutenção da vida como a conhecemos, é a irrigação bem manejada. Campos *et al.* (2021), por exemplo, avaliaram a eficiência da irrigação controlada por tensiômetros em culturas de milho e feijão. Os resultados indicaram uma redução de 20% no volume de água aplicado, sem comprometer a produtividade, evidenciando a viabilidade técnica e econômica do método.

Dentre as ferramentas que veem sendo desenvolvidas ao longo dos anos, destaca-se o manejo de irrigação, que pode ser resumidamente definido como um conjunto de procedimentos técnicos que auxiliam ao produtor na determinação do momento correto, da forma de irrigação, da quantidade adequada de água a ser aplicada às plantas considerando diversos aspectos como sistema de irrigação, características do solo, da cultura e das condições climáticas do local (Coelho *et al.*, 2013), de modo a otimizar a produção agrícola e maximizar a eficiência no uso da água (Mantovani *et al.*, 2009).

O manejo da irrigação eficiente melhora a absorção de nutrientes, fortalece as plantas, considera a temporização da irrigação e pode impactar na dinâmica das pragas. Bernardo *et al.*

(2006) enfatizam que os métodos fundamentados nas necessidades específicas de cada planta são ainda mais rentáveis para cultivos de elevado valor econômico, nos quais a escassez de água pode afetar de maneira considerável a eficiência e a excelência dos produtos finais. Os autores ainda destacam que o manejo adequado possibilita a escolha do melhor método de irrigação baseando-se nas necessidades das plantas, de forma a favorecer a eficácia na utilização da água.

É sabido que a água presente no planeta pode ser armazenada de diversas formas e nos três principais estados da matéria, nuvens, rios, geleiras, rochas etc. No caso das plantas, a água extraída para a manutenção de suas funções biológicas tem o solo como principal reservatório e estoque. O solo funciona como um reservatório natural de água, cuja capacidade de armazenamento é determinada por suas características físicas, como textura, estrutura, porosidade e profundidade (Coelho *et al.*, 2013).

Portanto, uma irrigação via monitoramento de conteúdo de água no solo se apresenta como uma ferramenta promissora na melhoria da eficiência dos processos agrícolas. Verecken *et al.* (2008) enfatizam que a umidade do solo é uma variável-chave para a compreensão e modelagem dos processos hidrológicos, sendo fundamental para a caracterização precisa da dinâmica temporal e espacial da água na zona radicular.

O conceito de água disponível para as plantas é fundamental para o manejo da irrigação. De acordo com Marouelli *et al.*, (2011), a água no solo pode estar retida com diferentes tensões, desde a saturação ao ponto de murcha permanente. Conforme explicam Silva e Coelho (2013), a capacidade de campo representa o limite superior (LS) de água disponível e corresponde à quantidade máxima de água que o solo consegue reter contra a ação da gravidade, após a drenagem do excesso. Já o limite inferior de água disponível é entendido como umidade residual, o qual as plantas em sua grande maioria não conseguem extrair água suficiente para atender às suas necessidades fisiológicas.

A curva de retenção de água no solo, que correlaciona o conteúdo de água no solo com a tensão ou potencial matricial, é um recurso valioso para entender como o solo armazena e fornece água para as plantas. Segundo Mantovani *et al.* (2009), essa curva varia de acordo com as características físicas do solo e permite determinar parâmetros importantes para o manejo da irrigação, como a quantidade de água armazenada no solo em diferentes condições de umidade.

Diversos métodos e tecnologias estão disponíveis para encontrar a umidade atual de um solo, variando desde técnicas simples e de baixo custo até sistemas sofisticados de

sensoriamento e automação. O método direto mais comum e simples para determinação da umidade do solo é o gravimétrico, que consiste na determinação da umidade por meio da diferença entre a massa úmida e a massa seca de uma amostra de solo. Segundo Coelho *et al.* (2013), esse método é considerado padrão para a calibração de outros métodos, porém apresenta limitações para o uso rotineiro no manejo da irrigação, por ser trabalhoso e não permitir o monitoramento contínuo.

Um dos métodos indiretos mais utilizado para se determinar a umidade do solo são os tensiômetros, instrumentos que medem diretamente a tensão com que a água está retida no solo, permitindo determinar indiretamente a umidade por meio da curva de retenção. Segundo Marouelli *et al.* (2011), os tensiômetros são particularmente úteis para o manejo da irrigação em culturas sensíveis ao déficit hídrico, pois permitem determinar com precisão o momento de irrigar, evitando que a tensão da água no solo ultrapasse valores críticos para a cultura. Entretanto, em solos com alta retenção de água (como argilosos), o equilíbrio entre o tensiômetro e o solo pode ser demorado, atrasando a leitura. No entanto, os tensiômetros convencionais têm uma faixa de leitura limitada, tipicamente de até 8,67 a 9,17 mca (Guo *et al.*, 2023). Essa limitação se deve principalmente à cavitação da água dentro do tensiômetro em tensões mais altas (Mahler; Diene, 2022).

Assim surge a necessidade da criação e aprimoramento de métodos indiretos que são capazes de mensurar a umidade do solo com mais praticidade. Entre os métodos indiretos, destacam-se os sensores eletrônicos de umidade do solo, que permitem o monitoramento contínuo e não destrutivo. De acordo com Mantovani *et al.* (2009), os tipos de sensores mais utilizados, são os blocos de resistência elétrica, os sensores capacitivos e a reflectometria no domínio do tempo (TDR).

As sondas de reflectometria no domínio do tempo (TDR) são uma tecnologia que se baseia na medição da constante dielétrica do solo para determinar seu conteúdo de água. Conforme destacam Kargas *et al.* (2014), a TDR apresenta alta precisão para determinação da umidade do solo e permite o monitoramento contínuo e não destrutivo em diferentes profundidades. Estes autores ressaltam que a compreensão das propriedades dielétricas do solo é essencial para a medição precisa da umidade, especialmente em condições de alta salinidade.

Um instrumento de leitura de TDR (Time-Domain Reflectometry) envia um pulso eletromagnético de rápida ascensão ao longo da sonda (Schneider & Fratta, 2009). O pulso se

propaga através do solo, e uma parte do sinal é refletida de volta ao instrumento devido a mudanças na impedância (resistência a propagação da onda) ao longo da linha de transmissão (Schneider & Fratta, 2009). O equipamento mede o tempo de viagem e a amplitude do sinal refletido (Yu *et al.*, 2021). Técnicas de processamento de sinal são aplicadas para analisar a forma de onda, determinando a constante dielétrica e a condutividade elétrica do solo (He *et al.*, 2021). E assim, indiretamente determinando a quantidade de água armazenada no solo naquele local e horário. Conforme destacam Coelho *et al.* (2013), essas tecnologias apresentam vantagens como a possibilidade de automação, a rapidez na obtenção dos dados e a não destruição das amostras.

O posicionamento adequado dos sensores no perfil do solo é fundamental para o monitoramento eficiente da umidade. Segundo Coelho *et al.* (2013), os sensores devem ser instalados em pontos representativos da área irrigada, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular e a distribuição de água pelo sistema de irrigação. Os autores recomendam a instalação de sensores em pelo menos duas profundidades: uma na camada de maior concentração de raízes absorventes e outra abaixo da zona radicular efetiva, para monitorar possíveis perdas de água por percolação profunda.

No caso específico da cultura do maracujá, recomenda-se a instalação de sensores em pelo menos duas profundidades: uma na camada de maior concentração de raízes absorventes (geralmente entre 20 e 30 cm) e outra abaixo da zona radicular efetiva (em torno de 60 cm), para monitorar possíveis perdas de água por percolação profunda. Conforme Lima *et al.*, (2013), essa configuração permite um monitoramento mais efetivo das condições hídricas na zona radicular e a detecção de problemas como irrigação excessiva ou insuficiente.

Diversos trabalhos na área de manejo de irrigação via sensoriamento de água no solo, apresentaram resultados positivos no que diz respeito ao aumento de produtividade ou obtenção de outras vantagens em relação a agricultura não manejada. Mantovani *et al.*, (2019), avaliaram plantas sob condições mais acentuadas de deficiência hídrica, os níveis de água no solo utilizados variaram entre -0,5 e 12,23 mca. As plantas submetidas a déficit tiveram raízes até 10 cm mais profundas do que as irrigadas com mais frequência.

Paralelamente, Freitas *et al.* (2009) desenvolveram e avaliaram um sensor alternativo utilizando a medida da capacitância para determinação da umidade do solo, na cultura do feijoeiro. Os resultados indicaram que, independentemente do método empregado, a produção

do feijoeiro foi maior quando submetido à tensão de 4 mca, embora o manejo da irrigação utilizando o método alternativo tenha levado a um número maior de irrigações e maior volume de água aplicado. Esses estudos evidenciam a importância do monitoramento da umidade do solo para o manejo adequado da irrigação.

Enfim, A automação da irrigação baseada no sensoriamento da água no solo representa uma evolução importante no manejo da irrigação, permitindo que a aplicação de água seja controlada automaticamente em função de parâmetros predefinidos de umidade ou tensão da água no solo. De acordo com Coelho *et al.*, (2013), esses sistemas podem ser programados para iniciar a irrigação quando a umidade do solo atingir determinado valor crítico e interrompê-la quando a umidade atingir o valor desejado, geralmente próximo à capacidade de campo. Ainda segundo Coelho *et al.*, (2013), o manejo da irrigação baseado no sensoriamento da água no solo pode resultar em economia de água de 15% a 30%, dependendo das condições específicas de cultivo e do sistema de irrigação utilizado.

2.5 Sistemas de Produção Com Espécies Xerófilas

As regiões áridas e semiáridas do mundo, que incluem desertos, estepes e savanas secas, são ecossistemas complexos e dinâmicos, moldados por condições climáticas extremas, como precipitação irregular, altas taxas de evapotranspiração e temperaturas elevadas (Bezerra *et al.*, 2022). Apesar desses desafios, essas áreas abrigam uma biodiversidade única, com plantas que desenvolveram mecanismos sofisticados para sobreviver e prosperar em ambientes com limitada disponibilidade de água. Essas plantas, conhecidas como xerófilas, representam um recurso valioso para as comunidades locais, oferecendo não apenas meios de subsistência, mas também soluções inovadoras para a agricultura e a conservação em um cenário de crescentes mudanças climáticas (Chen *et al.*, 2004).

Apesar de sua relevância ecológica, a Caatinga enfrenta um acelerado processo de degradação, impulsionado por atividades como desmatamento para agricultura, pecuária extensiva e uso energético da madeira (fabricação de carvão). Este cenário de degradação, somado aos desafios das mudanças climáticas, coloca em risco tanto a biodiversidade quanto a segurança socioeconômica da região.

Diante disso, a crescente pressão demográfica, a degradação ambiental e os impactos das mudanças climáticas intensificam a necessidade de desenvolver sistemas de produção que sejam resilientes e sustentáveis em zonas áridas e semiáridas. Nesse contexto, o estudo de

sistemas de produção sustentáveis, baseados no manejo de espécies xerófilas nativas, torna-se necessário para manter o equilíbrio ecológico da região.

A exploração do potencial das espécies xerófilas, que já são naturalmente adaptadas a essas condições, surge como uma estratégia fundamental para garantir a segurança alimentar, promover o desenvolvimento econômico e proteger a integridade ecológica desses biomas. Revisões recentes reforçam a importância de abordagens integrando aspectos etnobotânicos, produtivos e de conservação para orientar políticas públicas e inovação tecnológica voltadas ao semiárido (Costa et al., 2022).

Para sobreviver ao estresse hídrico típico de um bioma com secas prolongadas, chuvas irregulares e altas temperaturas, as plantas desenvolveram estratégias adaptativas notáveis, como por exemplo o armazenamento de água e sistemas radiculares relativamente profundos. Tais mecanismos conformam um mosaico vegetal de alto valor ecológico e socioeconômico regional (Silva *et al.*, 2021). Essas plantas, não apenas sustentam a rica biodiversidade local, pois são a base das cadeias tróficas, contribuem para a estabilidade do solo, previnem a erosão e a desertificação, e mantêm a biodiversidade local (Bezerra *et al.*, 2022) mas também representam um pilar para o desenvolvimento econômico das populações rurais que dependem diretamente de seus recursos.

O potencial econômico das espécies xerófilas é vasto e diversificado, abrangendo usos que vão desde o alimentar e forrageiro até aplicações em medicina, cosméticos e bioenergia. Em muitas regiões áridas, a pecuária constitui a principal atividade econômica, e as plantas forrageiras xerófilas são o principal recurso para a alimentação animal, especialmente durante os períodos de estiagem (Bezerra et al., 2022). Espécies como a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) são amplamente cultivadas em semiáridos ao redor do mundo por sua alta produtividade de biomassa e valor nutritivo, servindo como alimento para o gado e, em alguns casos, para consumo humano (Bezerra et al., 2022).

Adicionalmente, muitas xerófilas produzem frutos com alto valor nutricional e potencial de mercado. Um exemplo é o maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*) na Caatinga brasileira, objeto do presente estudo, reconhecido por seu sabor exótico e potencial para a agroindústria (Monte; Santos, 2021). Além do uso alimentar e forrageiro, a flora de biomas áridos também se destaca como uma rica fonte de compostos bioativos com propriedades medicinais e cosméticas, como antioxidantes e anti-inflamatórios, impulsionando a pesquisa e o desenvolvimento de fitoterápicos e cosméticos naturais (Silva et al., 2022).

O manejo de sistemas de produção com espécies xerófilas deve considerar as particularidades de cada bioma e as adaptações específicas das plantas. A escolha do sistema de condução e do espaçamento adequado para culturas forrageiras, influencia diretamente a produtividade e a eficiência do uso da água (D'abadia et al., 2021). A propagação pode ser por sementes, estacas ou enxertia, sendo esta última uma técnica promissora para conferir maior resistência a doenças de solo e aumentar a longevidade das plantas (Rodrigues et al., 2020).

Os tratos culturais, como poda, adubação e controle de plantas daninhas, devem ser adaptados às condições de estresse hídrico. A poda, por exemplo, pode ser utilizada para otimizar a arquitetura da planta e reduzir a transpiração. A adubação orgânica e mineral, baseada na análise de solo, é crucial para suprir as necessidades nutricionais das plantas e melhorar a fertilidade do solo em ambientes naturalmente pobres.

Embora as xerófilas sejam tolerantes à seca, a irrigação suplementar em fases críticas do desenvolvimento, como floração e frutificação, pode maximizar a produção, sendo os sistemas de irrigação localizada os mais eficientes (Bezerra et al., 2022). A colheita e o pós-colheita também são aspectos importantes. Muitas xerófilas produzem frutos com casca resistente e longa vida de prateleira, o que facilita o transporte e a comercialização, reduzindo perdas. O beneficiamento desses produtos, transformando-os em polpas, sucos, geleias ou outros derivados, agrega valor e amplia as oportunidades de mercado para as comunidades locais (Braga et al., 2006).

Portanto, a produção comercial de espécies xerófilas, são essenciais para a construção de sistemas de produção resilientes e sustentáveis. Suas adaptações únicas ao estresse hídrico não apenas garantem sua sobrevivência em ambientes desafiadores, mas também oferecem um vasto leque de oportunidades para o desenvolvimento econômico, a segurança alimentar e a conservação ambiental.

2.6 Aspectos Agronômicos da Cultura do Maracujá

O maracujá amarelo (*Passiflora. edulis* Sims.), é um grande destaque na fruticultura nacional, principalmente na agricultura familiar por possibilitar um rápido retorno a quem produz (Cavichioli, 2018). Cerca de 90% dos pomares de maracujá no Brasil são constituídos dessa espécie, além de ser também a com maior quantidade de cultivares registradas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Jesus; Faleiro, 2016).

Apesar do consumo fresco do maracujá, sua utilização na indústria na fabricação de suco, néctar, doces, vinho, licor e sorvete também são de grande destaque na economia da cultura

(Landau *et al.*, 2020). Até o início dos anos 70, o país ainda não apresentava expressivo destaque entre os principais produtores, porém, a partir de 1986, com a devida ampliação das áreas de cultivo e na produção houve a profissionalização da atividade (Rizzi *et al.*, 1998).

Cultivado principalmente em regiões tropicais, o maracujá amarelo exige solos bem drenados, ricos em matéria orgânica e com pH entre 5,5 e 6,5. O manejo adequado inclui práticas como a poda de formação e produção, além de adubações orgânicas e minerais equilibradas (Araújo *et al.*, 2012).

O *Passiflora edulis* Sims. apresenta também um grande potencial na indústria farmacêutica. A sua casca possui diversas substâncias bioativas, dentre elas uma grande quantidade de flavonoides, em especial a luteolina (5,7-3'5'-tetrahidroxiflavona) (Rosário *et al.*, 2022) que possui propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias.

A parte branca de sua casca (albedo) contém alto teor de niacina (vitamina B3), ferro, cálcio e alto teor de fibra alimentar, principalmente pectina (Ribeiro *et al.*, 2022), abrindo margem para evitar o desperdício e a comercialização da casca. Santos (2019), concluiu que no óleo de semente de maracujá uma grande quantidade de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente ômega 6 e 9, bem como um teor relevante de substâncias bioativas, como polifenóis, flavonoides, carotenoides e ácido ascórbico. Nas folhas também é possível encontrar compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, como demonstrado por (Silva *et al.*, 2017).

2.7 Importância Socioeconômica da Cultura do Maracujá no Brasil

Em termos socioeconômicos, o Brasil é o maior produtor mundial da fruta, com produção de 684 mil toneladas em 2021, das quais 69% foram cultivadas no Nordeste (IBGE, 2022). No entanto, o rendimento médio de 15,26 t/ha está abaixo do potencial de até 5,1 t/ha, devido ao uso de mudas de baixa qualidade, manejo inadequado e doenças (Freire *et al.*, 2014).

A cultura do maracujá emprega intensivamente mão de obra e gera renda para milhares de famílias (Faleiro; Junqueira; Costa, 2016), sendo essencial para a economia agrícola nacional, principalmente na agricultura familiar (Cavichioli *et al.*, 2018).

Os principais importadores do fruto são França, Itália, Guiana, Ilhas Marshall e Alemanha (IBGE, 2022). Segundo dados recentes, o valor da produção brasileira de maracujá atingiu R\$ 2,39 bilhões na safra 2023/24, em uma área colhida de aproximadamente 46 mil hectares (AGRO SUSTENTAR, 2025).

A produção de maracujá é de grande relevância para a economia brasileira, graças ao emprego intensivo de mão-de-obra, fornecimento de renda, e especialmente pela colheita contínua da safra ao decorrer do ano (Monte; Santos, 2021).

Esta cultura tem significativa importância socioeconômica para o país, visto que o cultivo de maracujá é predominantemente realizado por agricultores familiares, tipicamente administrando

pequenas parcelas de terra variando de 3 a 5 hectares, o que ajuda a sustentar economias e comunidades locais (Santos; Silva; Nascimento, 2023). Neste contexto, a cadeia produtiva da cultura tem uma grande importância social por auxiliar na geração de empregos diretos e indiretos, seja eles no campo, na venda de insumos, no transporte, nas indústrias e na cidade (Faleiro; Junqueira; Costa, 2016).

A cultura do maracujá se mostra uma excelente opção para a produção proveniente da agricultura familiar. Entre os fatores que evidenciam o maracujá como uma alternativa viável para a produção em pequenas áreas, destaca-se a possibilidade de obter uma renda mensal, uma vez que o fruto pode ser colhido diversas vezes ao longo do ano.

Ademais, proporciona a agregação de valor à matéria-prima, visto que é possível fabricar numerosos produtos derivados de seu processamento sem demandar uma infraestrutura industrial complexa (Jesus; Faleiro, 2016).

2.8 Caracterização Agronômica do Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis* Sims.)

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims.), é um grande destaque na fruticultura nacional, principalmente na agricultura familiar por possibilitar um rápido retorno a quem produz (Cavichioli, 2018; Faleiro *et al.*, 2019). Cerca de 90% dos pomares de maracujá no Brasil são constituídos dessa espécie, além de ser também a com maior quantidade de cultivares registradas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Jesus; Faleiro, 2016).

Apesar do consumo fresco do maracujá, sua utilização na indústria na fabricação de suco, néctar, doces, vinho, licor e sorvete também são de grande destaque na economia da cultura (Landau *et al.*, 2020). Até o início dos anos 70, o país ainda não apresentava expressivo destaque entre os principais produtores, porém, a partir de 1986, com a devida ampliação das áreas de cultivo e na produção houve a profissionalização da atividade (Rizzi *et al.*, 1998).

Cultivado principalmente em regiões tropicais, o maracujá amarelo exige solos bem drenados, ricos em matéria orgânica e com pH entre 5,5 e 6,5. O manejo adequado inclui práticas como a poda de formação e produção, além de adubações orgânicas e minerais equilibradas (Araújo *et al.*, 2012).

O *Passiflora edulis* Sims. apresenta também um grande potencial na indústria farmacêutica. A sua casca possui diversas substâncias bioativas, dentre elas uma grande quantidade de flavonoides, em especial a luteolina (5,7-3'5'-tetrahidroxiflavona) (Rosário *et al.*, 2022) que possui propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias.

A parte branca de sua casca (albedo) contém alto teor de niacina (vitamina B3), ferro, cálcio e alto teor de fibra alimentar, principalmente pectina (Ribeiro *et al.*, 2022), abrindo margem para evitar o desperdício e a comercialização da casca. Santos (2019), concluiu que no óleo de semente de maracujá uma grande quantidade de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente ômega 6 e 9, bem como um teor relevante de substâncias bioativas, como polifenóis, flavonoides, carotenoides e ácido ascórbico. Nas folhas também é possível encontrar compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, como demonstrado por (Silva *et al.*, 2017).

2.9 Caracterização do Maracujá do Mato (*Passiflora cincinnata* Mast.)

P. cincinnata, ou popularmente conhecida como maracujá do mato, é uma espécie silvestre de maracujazeiro azedo que possui ampla distribuição geográfica no Brasil e ocorre de forma espontânea em praticamente toda região do semiárido brasileiro, encontrada principalmente no bioma Caatinga (Amorozo, 2002; Ataíde, 2005).

Essa espécie produz frutos de casca verde-palha opaca quando está verde ganha um tom verde amarelado um pouco vítreo quando maduro, possui um sabor ácido e aromático bastante distinto dos frutos de *Passiflora edulis* Sims (D'Abadia *et al.*, 2020).

A espécie demonstra significativo potencial comercial e se destaca por sua resistência ao estresse hídrico em comparação ao maracujá amarelo (Faleiro *et al.*, 2016). Ademais, apresenta superior resistência ao transporte e maior durabilidade em relação a este. (Ataíde, 2005).

Outras características de interesse encontradas na espécie estão associadas a maior longevidade, a adaptabilidade às condições climáticas adversas, o período de florescimento é

ampliado, além de ter um receptáculo da flor mais curto, que facilita a polinização por insetos menores, como também a concentração de componentes químicos (Paiva *et al.*, 2014).

2.10 Propagação Vegetativa Através da Enxertia

A propagação vegetativa é uma forma de reprodução assexuada em plantas onde novos indivíduos são produzidos a partir de partes vegetativas de uma planta-mãe, como caules, raízes ou folhas, em vez de sementes (Rodriguez-Izquierdo, *et al.*, 2024), possui grande relevância na agricultura moderna pois permite a multiplicação de plantas com características desejáveis de forma eficiente e uniforme. A enxertia se destaca entre as diversas técnicas de propagação assexuada, como um método sofisticado que une os tecidos de duas plantas distintas, para que cresçam como um único indivíduo (Tedesco *et al.*, 2022), de modo que ocorra a união vascular e o desenvolvimento conjunto como uma única planta (Mudge, 2008).

Historicamente, a prática da enxertia remonta a milhares de anos, forma encontradas evidências arqueológicas do uso dessa prática na china antiga e no Império Romano (Melnyk; Meyerowitz, 2015). No entanto, foi só no século XIX que a enxertia se tornou especialmente importante na Europa, principalmente na produção de vinhos, após a introdução acidental da praga filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*), um inseto sugador de seiva que ataca as raízes das videiras da espécie europeia *Vitis vinifera*. A solução encontrada na época foi enxertar as videiras europeias em porta-enxertos das espécies americanas *Vitis riparia*, *V. berlandieri*, *V. rupestris* e seus híbridos, que naturalmente eram dotadas de resistência à praga (Tedesco *et al.*, 2022). Essa estratégia salvou a indústria vinícola europeia da época, provando o potencial da enxertia como ferramenta na superação de desafios fitossanitários complexos, tornando-a uma prática quase obrigatória na viticultura moderna (Tandonnet *et al.*, 2010).

Desde então, a enxertia tem sido amplamente adotada em diversas culturas, incluindo frutíferas, hortaliças e plantas ornamentais, com o objetivo de melhorar a adaptação das plantas a diferentes ambientes, aumentar a resistência a doenças e pragas, controlar o vigor, antecipar a produção e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas (Gainza *et al.*, 2015; Shivran *et al.*, 2023).

De acordo com Rasool *et al.* (2020), a formação da união do enxerto geralmente ocorre nas seguintes etapas: inicialmente, ocorre o alinhamento preciso das camadas tecido logo abaixo da casca da árvore, camadas cambiais, do enxerto e do porta-enxerto, como descrito por Janik, (1966). Subsequentemente, uma resposta de cicatrização é ativada nas superfícies cortadas, levando à formação de um calo (tecido parenquimático indiferenciado) que preenche

o espaço entre as duas partes. Este "calo-ponte" é fundamental para o estabelecimento da conexão inicial. A etapa seguinte envolve a diferenciação de novas células cambiais dentro do calo, que se alinham com o câmbio vascular original do enxerto e do porta-enxerto. Finalmente, surge este novo câmbio vascular, formando novos tecidos de xilema e floema, restabelecendo assim a continuidade vascular e permitindo o transporte de água, nutrientes e sinais moleculares entre as partes das diferentes plantas (Tedesco *et al.*, 2022).

O sucesso da união entre enxerto e porta-enxerto é um processo biológico complexo que envolve uma sequência de eventos celulares e moleculares. Pesquisas têm mostrado a importância dos transportes de macromoléculas, como proteínas (Tang *et al.*, 2022), mRNAs (Yang *et al.*, 2019), e sRNAs (Kirschner, 2023) para o sucesso do processo da enxertia. Ou seja, o transporte de macromoléculas através da intersecção das duas plantas é um mecanismo que possibilita a comunicação entre as duas partes e, assim, coordenar crescimento, desenvolvimento e adaptação ao estresse. Rasool *et al.* (2020) destacam o papel central das auxinas, Tedesco *et al.* (2022) e Shivran *et al.* (2023) aprofundam a discussão sobre o transporte de sinais moleculares de longa distância, como RNAs e proteínas, como mediadores da comunicação enxerto-porta-enxerto e potenciais determinantes da compatibilidade.

A compreensão desses mecanismos de comunicação é necessária não apenas para otimizar as técnicas de enxertia, mas também para investigar fenômenos como a compatibilidade e a incompatibilidade entre diferentes combinações enxerto/porta-enxerto (Rasool *et al.*, 2020).

Diversos métodos de enxertia foram desenvolvidos ao longo do tempo, adaptados às diferentes espécies de plantas, ao diâmetro dos ramos, à época do ano e aos objetivos da propagação planta enxertada (Oliveira *et al.*, 2008). Entre os métodos mais comuns na horticultura estão a garfagem de fenda (ou garfagem no topo), onde um ou mais garfos (enxertos) são inseridos em uma fenda feita no topo do porta-enxerto; a garfagem lateral ou de encostia (Rasool *et al.*, 2020). A escolha do método adequado depende de fatores como a espécie, o tamanho das partes, a habilidade do enxertador e as condições ambientais, a escolha do método é feita com o intuito maximizar as chances de sucesso da união (Soleimani *et al.*, 2010)

A decisão de utilizar a enxertia em uma determinada cultura é frequentemente motivada pela necessidade de superar limitações específicas, como a suscetibilidade a doenças de solo, a adaptação a condições edafoclimáticas adversas ou o controle do desenvolvimento vegetativo

e reprodutivo da planta (Gainza *et al.*, 2015; RASOOL *et al.*, 2020). Na fruticultura, a enxertia é uma prática recorrente na produção comercial de muitas espécies. Exemplos clássicos incluem a videira (*Vitis vinifera*), onde a enxertia sobre porta-enxertos resistentes à filoxera é fundamental (Tedesco *et al.*, 2022).

Sobre as vantagens da enxertia, boa parte dos autores concorda sobre o papel da enxertia na superação de estresses bióticos, especialmente doenças de solo. Trabalhos focados em Passiflora (e.g., Roncatto *et al.*, 2008; Vichioli *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2018; Miguel-Wruk *et al.*, 2021; Paes *et al.*, 2022) e em hortaliças como tomateiro (Salinas *et al.*, 2021; Comarasamy *et al.*, 2021) consistentemente reportam o sucesso da enxertia no manejo de Fusarium e nematoides. Da mesma forma, a melhoria da tolerância a estresses abióticos é amplamente reconhecida, com estudos específicos demonstrando benefícios contra salinidade (Moura *et al.*, 2010) e seca/calor (Balfagón *et al.*, 2019; Schwarz *et al.*, 2010). Contudo, a magnitude desses benefícios e a influência sobre a qualidade dos frutos podem variar significativamente dependendo da combinação enxerto/porta-enxerto específica, como observado por Nogueira Filho *et al.* (2010) em maracujazeiro.

Para mais, a enxertia permite controlar o vigor e o porte da planta, o que é particularmente importante em fruticultura para facilitar tratamentos culturais e a colheita. Porta-enxertos de vigor controlado são amplamente utilizados em macieiras, pereiras e citros. A enxertia também pode influenciar o ciclo reprodutivo, antecipando o início da produção em algumas espécies ou modificando a época de florescimento e frutificação (Gainza *et al.*, 2015).

Apesar de suas inúmeras vantagens, a prática da enxertia não está isenta de desafios e de limitações que podem prejudicar os produtores. Dentre os obstáculos encontrados, a incompatibilidade entre enxerto e porta-enxerto está entre um dos mais significativos (Tedesco *et al.*, 2022; Rasool *et al.*, 2020). Em alguns casos, a incompatibilidade se manifesta anos após a enxertia, resultando em perdas de plantas e conseqüentemente, prejuízos econômicos. A identificação precoce de combinações incompatíveis e a compreensão dos mecanismos moleculares e fisiológicos subjacentes ainda são áreas de intensa pesquisa (Shivran *et al.*, 2023).

Outro desafio importante é o custo associado à produção de mudas enxertadas, especialmente em hortaliças e algumas culturas anuais ou de ciclo curto. O processo de enxertia, seja manual ou mecanizado, demanda mão de obra especializada e instalações adequadas para a cicatrização (como câmaras de nebulização ou ambientes com controle de temperatura e

umidade), o que eleva o custo unitário da muda em comparação com mudas obtidas por sementes ou outros métodos de propagação vegetativa (Hui-Ping Lo *et al.*, 2011).

Portanto, a viabilidade econômica da enxertia depende de um balanço entre o custo adicional da muda e os benefícios esperados em termos de produtividade, resistência a doenças ou adaptação a estresses. Dentre os custos associados ao processo de produção de mudas enxertadas pode-se incluir a necessidade de mão de obra qualificada, o risco de transmissão de doenças sistêmicas, como viroses e fitoplasmoses, por meio do material vegetativo (Tedesco *et al.*, 2022; Rasool *et al.*, 2020). Ademais, a planta fica mais vulnerável durante o processo de cicatrização, que exige condições ambientais controladas e manejo cuidadoso para evitar estresses e garantir o sucesso da união. Falhas no manejo pós enxertia podem levar a baixas taxas de sobrevivência, mesmo em combinações compatíveis (Bhandari *et al.*, 2021).

Em relação ao gênero *Passiflora*, que possui grande relevância no mercado brasileiro e por isso vem sendo amplamente estudado no que se refere a melhorias no processo de produção do fruto por meio do processo de enxertia. Atualmente, a principal motivação para enxertar o maracujazeiro-amarelo (*P. edulis*), a forma mais cultivada comercialmente, é a sua alta suscetibilidade a doenças de solo, notadamente a murcha-de-fusário, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. e a morte prematura de plantas, associada a um complexo de patógenos (Roncatto *et al.*, 2008; Vichioli *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2018).

A busca por porta-enxertos resistentes ou tolerantes tem levado à avaliação de diversas espécies silvestres de *Passiflora*. Espécies como *P. cincinnata*, *P. alata*, *P. setacea*, *P. nitida*, *P. gibertii*, *P. caerulea* e *P. foetida* têm sido investigadas quanto à sua resistência a *Fusarium* e nematoides, bem como sua compatibilidade com o maracujazeiro-amarelo (Nogueira Filho *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2018; Miguel-Wruk *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2015; Paes *et al.*, 2022; Cavichioli *et al.*, 2011).

Estudos de campo e em condições controladas têm demonstrado que o uso de porta-enxertos resistentes, como algumas seleções de *P. cincinnata* e *P. alata*, pode permitir o cultivo do maracujazeiro-amarelo em áreas com alta incidência de murcha-de-fusário, mantendo ou até aumentando a produtividade em comparação com plantas não enxertadas em áreas livres da doença (Roncatto *et al.*, 2008; Vichioli *et al.*, 2011; Nogueira Filho *et al.*, 2010). A resistência a nematoides, como *Meloidogyne incógnita*, também é uma característica desejável, e espécies como *P. foetida* apresentam potencial como porta-enxerto para áreas infestadas (Paes *et al.*, 2022).

Especificamente sobre a enxertia em Passiflora, diversos autores investigaram o potencial de espécies silvestres como porta-enxertos. Há um corpo crescente de evidências sobre a resistência de *P. cincinnata* e *P. alata* a *Fusarium* (Roncatto *et al.*, 2008; Vichioli *et al.*, 2011; Nogueira Filho *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2018), embora variações entre acessos ou populações dessas espécies possam existir (Miguel-Wruk *et al.*, 2021). A compatibilidade dessas espécies com *P. edulis* também é objeto de estudo, com Lima *et al.* (2015) e Schmidt *et al.* (2018) fornecendo insights anatômicos sobre a qualidade da união. O potencial de *P. foetida* contra nematoides é destacado por Paes *et al.* (2022), adicionando outra dimensão à seleção de porta-enxertos.

Atualmente, a forma principal de propagação do maracujazeiro é por via sexuada, entretanto, o uso da enxertia nessa cultura é uma técnica que já foi descrita por Silva *et al.* (2005). Estudos que utilizam *P. cincinnata* como porta-enxerto para *P. edulis* sugerem que esta espécie silvestre pode conferir maior tolerância ao déficit hídrico à planta enxertada. Plantas de *P. edulis* enxertadas em *P. cincinnata* podem apresentar menor redução no CRA e manutenção de processos fisiológicos por mais tempo sob estresse em comparação com plantas de pé-franco (plantas não enxertadas) de *P. edulis* (Segatto Júnior, 2019).

Embora ainda há muito o que se estudar sobre os mecanismos exatos que ocorrem durante o processo de enxertia, Roncatto *et al.*, 2008 acreditam que características do sistema radicular de *P. cincinnata*, possivelmente mais eficiente na absorção de água ou com maior capacidade de ajuste osmótico, contribuam para maior tolerância do *P. edulis* a fatores abióticos. No entanto, a resposta pode variar, e outras espécies silvestres como *P. setacea* também demonstraram potencial como porta-enxertos tolerantes (Segatto Júnior, 2019). O uso de porta-enxertos resistentes, como *P. cincinnata*, também surge como uma alternativa promissora para conferir maior resiliência a cultivares comerciais de *P. edulis* (Segatto Júnior, 2019; RONCATTO *et al.*, 2008).

3. REFERÊNCIAS

- ABBES, A. B.; JARRAY, N.; FARAH, I. R. Advances in remote sensing-based soil moisture retrieval: applications, techniques, scales and challenges for combining machine learning and physical models. *Artificial Intelligence Review*, v. 57, n. 224, 2024.
- ADAMS, H. D.; ZEPELLI, GREGORY; WILLIAMS, ALLEN P.; HUXMAN, TRAVIS E.; HUDDART, JOSHUA A.; LAMONTAGNE, JEAN M.; MCDOWELL, NATE G. A multi-species synthesis of physiological mechanisms in drought-induced tree mortality. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, n. 9, p. 1285–1291, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0248-x>.
- AGÊNCIA ECO NORDESTE. *Agência Eco Nordeste*. Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/2023/>. Acesso em: 19 maio 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). *Reservatórios do Semiárido Brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação*. Brasília, DF: ANA, 2022. Dataset. Disponível em: https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/a99094aa005747e98d9dd237733aeb76_0/about. Acesso em: 30 maio 2025.
- AGRO INSIGHT. *Produção de frutas no Brasil: maracujá*. 2025. Disponível em: <https://agroinsight.com.br/producao-de-frutas-no-brasil-maracuja>. Acesso em: 19 maio 2025.
- AGRO SUSTENTAR. *Maiores produtores de maracujá do Brasil: região Nordeste lidera*. 2025. Disponível em: <https://agrosustentar.com.br/agronegocio/maioresprodutores-de-maracuja/>. Acesso em: 19 maio 2025.
- ALBUQUERQUE, P.E. P. de. *Manejo da irrigação*. 2010. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/875096/1/Manejoirrigacao.pdf>. Acesso em: 18 maio 2025.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AMOROZO, M. C. M. Use and diversity of medicinal plants in Santo Antonio do Leverger, MT, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 16, p. 189-2,043, 2002.
- ANDRADE, R. F. *Tecnologia de irrigação: vantagens, impactos e principais métodos*. Recife: Instituto Federal de Pernambuco, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/1405>. Acesso em: 19 maio 2025.
- ANDRADE, R. A.; PEREIRA, F. H. F.; LIMA, G. S.; SOUSA, C. H. C.; SANTOS, J. B. DOS. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em maracujazeiro amarelo sob regimes hídricos e adubação potássica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 5, p. 455–461, 2008.
- ANTONGIOVANNI, M; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. *Landscape Ecology*, v. 33, n. 8, p. 1353–1367, 2018.

ARAÚJO, F. P., SANTOS, C. A. F. & MELO, N. F. Propagação vegetativa do maracujá do mato: espécie resistente à seca, de potencial econômico para agricultura de sequeiro. **Embrapa Semiárido-Comunicado Técnico** (INFOTECA-E), 2004.

ARAÚJO, F. P.; SILVA, N.; QUEIROZ, M. A.; MELO, N. F. Caracterização e recomendação de acessos de *Passiflora cincinnata* Mast. para cultivo experimental de produtores. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2008, Brasília. **Anais** [...]. Brasília: Embrapa, 2008.

ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; QUEIROZ, M. A.; COELHO, M. S. E. Seleção de acessos de maracujazeiros silvestres visando resistência à fusariose. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais** [...]. Bento Gonçalves: SBF, 2012.

ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J. W.; PEREIRA, J. S. Atributos físicos de solos em áreas sob diferentes usos no semiárido baiano. **Holos**, v. 5, p. 65-77, 2018. DOI: 10.15628/holos.2018.6418.

AROCA, R (Ed.). *Plant responses to drought stress: from morphological to molecular features*. Berlin: Springer-Verlag, 2012.

ARTAXO, P.; GERAB, F.; YAMASOE, M. A.; MARTINS, J. V.; DIAS, MARCOS, A. F. S.; ANDREAE, M. O. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazonica*, v. 35, n. 2, p. 185–196, 2005.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, v. 59, n. 2, p. 206–216, 2007.

ATAIDE, M.; RUGGIERO, C.; RODRIGUES, J. D.; RODRIGUES, T. J. D.; SILVA, J. R. Regulador vegetal e bioestimulante na indução floral do maracujazeiro-amarelo em condições de entressafra. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 28, p. 347–350, 2006.

BALI, H. *Making every drop count: redefining water efficiency in agriculture*. United Arab Emirates: WSP, 2023.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.

BEZERRA, R. C. A.; SILVA, J. R. A.; SANTOS, M. L.; ALMEIDA, P. S.; COSTA, A. L. Indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva em sistemas consorciados de plantas forrageiras xerófilas: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 15, e258111537107, 2022.

BORIVOJ, P.; DRAGAN, R.; MILAN, B.; SRDJAN, Š.; MILIVOJ, B.; NEBOJŠA, M.; LIVIA, M. Could regulated and sustained deficit irrigation be applied in temperate climate conditions without yield decrease? **Agricultural Water Management**, v. 255, p. 107034, 2021.

BRAGA, B.; PORTO, R. L. M.; GONÇALVES, L. G. G. Afinal, quanta água temos? Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 5-12, out. 2006. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/pdf_391_-_rbrh_v.11_n.4_2006_afinal_quanta_agua_temos1.pdf. Acesso em: 17 mai. 2025.

BRITO, L. T. L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. S. **Disponibilidade de água e gestão dos recursos hídricos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36533/1/OPB1514.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2025.

BRUCKNER, C. H.; LOPES, J. C. (Org.). *Propagação do maracujazeiro: aspectos morfológicos, fisiológicos e genéticos*. Vitória, ES: EDUFES, 2009.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o semiárido brasileiro?** São Paulo: Chiado Books, 2018. CAMACAM, B. L. M.; MESSIAS, C. M. B. O. Potencial alimentar de frutas e plantas da Caatinga: revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, p. e39911931997, 13 jul. 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.31997. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/31997>

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

CASTAÑEDA, V. M.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C.; TORRECILLAS, A; PÉREZ-PASTOR, A. Strategies to apply water-deficit stress: similarities and disparities at the whole plant metabolism level in *Medicago truncatula*. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 6, p. 2813, 2021.

CAVICHIOLO, J. C; CORRÊA, L. S; BOLIANI, A. C; SANTOS, P. C. Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 558-566, jun. 2011.

CAVICHIOLO, J. C.; MELETTI, L. M. M.; NARITA, N. **Aspectos da Cultura do Maracujazeiro no Brasil**. Jaboticabal: Toda Fruta, 2018. 11 p. Disponível em: www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MARACUJÁ.pdf. Acesso em: 19 mai. 2025.

CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought---from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, n. 3, p. 239-264, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1071/FP02076>.

CHEN, Xin; LI, Yu; WANG, Peng; ZHANG, Lei; HUANG, Jin. Climate-resilient crops: lessons from xerophytes. *The Plant Journal*, v. 117, p. 1815–1835, 2024.

D'ABADIA, A. C. A.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; RINALDI, M. M.; OLIVEIRA, L. L.; MALAQUIAS, J. V. Determination of the maturation stage and characteristics of the fruits of two populations of *Passiflora cincinnata* mast. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 349-360, 2020.

D'ABADIA, A. C. A. et al. Yield and physical characterization of *Passiflora cincinnata* in the Brazilian Savanna. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 51, e65795, 2021.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, A. M.; JESUS, O. N.; MACHADO, C. F. **Maracujá: cultivo, manejo e tecnologias sustentáveis**. Montevideu: PROCISUR, 2016. Disponível em: https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_maracuja_506.pdf. Acesso em: 27 mai. 2024.

FARID, H. U.; ZUBAIR, M.; KHAN, Z. M.; SHAKOOR, A.; MUSTAFA, B.; KHAN, A. A.; et al. Identification of influencing factors for optimal adoptability of High Efficiency Irrigation System (HEIS) in Punjab, Pakistan. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 35, n. 2, p. 539–549, 2019.

FERRAZ JUNIOR. Série Energia: Práticas de eficiência energética reduzem custo de irrigação na lavoura. **Jornal da USP**, 21 jul. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/campus-ribeirao-preto/serie-energia-praticas-de-eficiencia-energetica-reduz-custo-de-irrigacao-na-lavoura/>. Acesso em: 19 mai. 2025.

FOSTER, T.; PERRY, C. Water productivity: terminology, concepts and measurement issues. **Water International**, v. 35, n. 1, p. 100-112, 2010.

GOMES, F. de O.; SOUSA, M. de M.; SOUSA, L. M. C.; CARDOSO, J. R.; SILVA, R. A. da. Desenvolvimento de barras de cereais à base de farinha de albedo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*). **Revista ACTA Tecnológica**, São Luís, v. 5, n. 2, p. 116–125, jul./dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.35818/acta.v5i2.10>.

GUPTA, A.; CAÑO-DELGADO, A. I. The physiology of plant responses to drought. **Science**, p. 266-269, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaz7614>.

HAJEK, P.; LINK, R. M.; NOCK, C. A.; BAUHUS, J.; GEBAUER, T.; GESSLER, A. Mutually inclusive mechanisms of drought-induced tree mortality. **Global Change Biology**, v. 28, p. 3365–3378, 2022.

HATFIELD, J. L.; DOLD, C. Water-use efficiency: advances and challenges in a changing climate. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 10, p. 103, 19 fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00103>

HE, H; AOGU, K; LI, M; XU, J; SHENG, W; JONES, S. B.; GONZÁLEZ-TERUEL, J. D.; ROBINSON, D. A.; HORTON, R; BRISTOW, K; DYCK, M; FILIPOVIĆ, V; NOBORIO, K; WU, Q; JIN, H; FENG, H; SI, B; LV, J. A review of time domain reflectometry (TDR) applications in porous media. In: *Advances in Agronomy*, Academic Press, v. 168, p. 83-155, 2021. ISSN 0065-2113. ISBN 9780128245897. DOI: 10.1016/bs.agron.2021.02.003.

HEYDARI, N. Water use efficiency; a crucial feature for crop adaptation to drought conditions. **International Journal of Farming and Allied Sciences**, v. 3, n. 1, p. 109-114, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Semiárido brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, [2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?t=o-que-e>. Acesso em: 5 mai. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 19 mai. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA). **Delimitação do semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/mapas/mapas-em-pdf/delimitacao-do-semiarido-brasileiro-20424.pdf/view>. Acesso em: 5 mai. 2025.

LANDAU, C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (Ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 2, cap. 32, p. 1039-1063.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 25, n. 2, p. 275–294, 2002. DOI: 10.1046/j.0016-8025.2001.00814.

LEVIDOW, L.; ZACCARIA, D.; MAIA, R.; VIVAS, E.; TODOROVÍČ, M.; SCARASCIA-MUGNOZZA, G. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. **Agricultural Water Management**, v. 146, p. 84-94, 2014.

LEWIS, E. L. (Ed.). *The freshwater budget of the Arctic Ocean*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2000. p. 281-296

LIMA, L. A.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, V. F. **Manejo da irrigação**. Lavras: UFLA, 1999. 131 p.

LIMA, M. A. **Estimativa da umidade do solo e caducifolia em plantas da Caatinga com uso de sensoriamento remoto**. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/63777>. Acesso em: 19 mai. 2025.

LIMA, M. DE C. Rendimento da pimenta cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1181 - 1187, nov. 2013.

LIU, F.; YUE, B.; XIONG, L.; CAO, J.; ZHOU, G. Análise QTL de características de eficiência no uso da água em arroz. **Chinese Science Bulletin**, v. 56, n. 11, p. 832-838, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1360/csb2011-56-11-832>.

LIU, J. Estratégias e otimização de irrigação conservativa baseadas na escassez de recursos hídricos. **Tecnologia e Aplicações de Energia Hidrelétrica**, v. 6, n. 15, p. 199-204, 2024. DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5251-06150,617>.

MACHADO, C. de F. Espécies silvestres de maracujazeiro comercializadas em pequena escala no Brasil. In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. (Org.). **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. v. 1, p. 59-80.

MAHLER, C. F.; DIENE, A. A. Tensiometer Development for High Suction Analysis in Laboratory Lysimeters. In: UNSATURATED SOILS, 2006. **Proceedings** [...]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006. p. 103-115. DOI: 10.1007/3-5400,6198730,61_10.

- MANICA, I. **Fruticultura tropical: maracujá**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.
- MANTOVANI, E. C.; FACCIOLI, G. G.; LEAL, B. G.; COSTA, L. C.; SOARES, A. A.; MARENGO, J. A. et al. Secas e vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro: desafios para a adaptação às mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 129-156, 2020.
- MARÇAL, K. L. G. et al. Resistência à desidratação de diferentes acessos de *Passiflora cincinnata* Mast. (Passifloraceae). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 13., 2018, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. p. 329-336. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1098712/1/Kananda.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2025.
- MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climatic Change**, v. 129, n. 1-2, p. 103-115, 2015.
- MATA, D. A. da; SILVA, T. B. da; SILVA, J. F. da; SILVA, G. de F. da; PAIVA, J. H. S.; MACENA, R. A.; NASCIMENTO, R. R. A, J. V. dos Fertilidade do solo no semiárido: características e desafios. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 9, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i9.4278.
- MCCARTHY, M. G.; LOVEYS, B. R.; DRY, P. R.; STOLL, M. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: FAO. **Deficit irrigation practices**. Rome: FAO, 2002. p. 79-87.
- MCDOWELL, N. et al. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? **New Phytologist**, v. 178, n. 4, p. 719–739, 2008. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x.
- MENDONÇA, V. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em genótipos de maracujazeiro-amarelo sob deficiência hídrica e reidratação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 734--743, set. 2009.
- MGANGA, K. Z.; MWANGI, P. N.; WAMBUA, J. M.; MUNYUA, J. W. Leaf gas exchange characteristics, biomass partitioning, and water use efficiencies of two C₄ African grasses under simulated drought. **Grassland Research**, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2023. DOI: 10.1002/glr2.12040.
- MIRANDA, W. L.; GUIMARÃES, R. J; MAGALHÃES, P. B; COLOMBO, A; OLIVEIRA, P. M. Desenvolvimento vegetativo de plantas de *Coffea arabica* enxertadas sobre *C. canephora* e submetidas à reposição. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1618-1624, dez. 2011.
- MOLDEN, D. **Accounting for water use and productivity**. Colombo: International Irrigation Management Institute, 1997.
- MONTE, I. A.; SANTOS, S. C. L. O maracujazeiro-do-mato (*Passiflora Cincinnata* Mast.) e sua importância econômica: Uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e18210716464, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16464>.

MOURA, R. S; GHEYI, H. R; SILVA, E. M; DIAS, E. A; CRUZ, C. S; COELHO FILHO, M. A. Estresse salino na fisiologia, biometria e qualidade de frutos de *Passiflora edulis* enxertado. *Bioscience Journal*, v. 36, n. 3, p. 731-742, 2020.

MUNNÉ-BOSCH, S.; ALEGRE, L. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology*, v. 31, n. 3, p. 203–216, 2004. DOI: 10.1071/FP03236

NASS, L. L. Genetic resources: the basis for sustainable and competitive plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 12, p. 75--86, dez. 2012.

NAYYAR, H; GUPTA, D. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany*, v. 58, p. 106-113, 2006.

NUNES, M. S. Uso do tdr 300 para determinação da umidade volumétrica do solo para manejo da irrigação da soja safrinha. *Revista de Agricultura*. v. 90, p. 250-255, 2015.

NUNES, T.; QUEIROZ, L. P. Flora da Bahia: Passifloraceae. *Sitientibus, Série Ciências Biológicas*, v. 6, p. 194-226, 2006.

OCAMPO, J. A. **Study of the genetic diversity of genus *Passiflora* L. (Passifloraceae) and its distribution in Colombia.** 2007. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) – École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228644361>. Acesso em: 28 mai. 2025. DOI: 10.13140/RG.2.1.1073.7126.

OCAMPO, J. A.; ARIAS, J. C.; URREA, R. Interspecific hybridization between cultivated and wild species of genus *Passiflora* L. *Euphytica*, v. 209, p. 395-408, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1647-9>.

OCAMPO, J. A.; DEGCKENBRUGGE, G. C. Morphological characterization in the genus *Passiflora* L. an approach to understanding its complex variability. *Plant Systematics and Evolution*, v. 303, p. 531-558, 2017.

OGUZ, M. C. et al. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages. *Physiologia*, v. 2, n. 4, p. 180-197, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/physiologia2040015>.

OLIVEIRA, I. V. M.; CAVALCANTE, Í. H. L.; FRANCO, D.; MARTINS, A. B. G. Influência da época do ano no sucesso da enxertia nas variedades de abacateiro Hass e Fortuna. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 30, n. 4, p. 1162-1166, dez. 2008.

PACHECO, P. Como a devastação da Amazônia piora o clima no resto do Brasil. *Aos Fatos*, 9 ago. 2021.

PAIVA, I. de A. M.; SANTOS, S. C. L. O maracujazeiro-do-mato (*Passiflora Cincinnata* mast.) e sua importância econômica: Uma revisão narrativa. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16464>.

PAIVA, R. C. D. de.; CHAFFE, P. L. B.; ANACHE, J. A. A.; FONTES, A. S.; ARAUJO, L. M.; et al. Advances and challenges in the water sciences in Brazil: a community synthesis of the XXIII Brazilian Water Resources Symposium. RBRH, 25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020200136>

PAMUNGKAS, S. S. T.; SUWARTO; SUPRAYOGI; FARID, N. Drought Stress: Responses and Mechanism in Plants. **Reviews in Agricultural Science**, v. 10, p. 168–185, 2022. DOI: 10.7831/ras.10.0_168

PASQUALETTO, A; PASQUALETTO, A. G. N.; PASQUALETTO, T. L. L.; MENDES, T. A. Water Resources Availability and Demand in Brazil. **Informe GEPEC**, v. 26, n. 1, p. 460,611, 2022. DOI: 10.48075/igepec.v26i1.27755.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. D. S.; PEREIRA, G. T. Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 421-427, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.621>.

PEREIRA, L. S.; CORDEIRO, P. I. G.; CARRIJO, O. A.; ORTIZ, J. Improving water use efficiency in Mediterranean agriculture: the foundation and the challenges. **International Journal of Water Resources Development**, v. 28, n. 2, p. 207-220, 2012.

PEREIRA, V. M. et al. Crescimento vegetativo do maracujazeiro-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) sob diferentes níveis de reposição de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2008, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/161287>. Acesso em: 27 mai. 2025.

PEREIRA, D. F. et al. Potencial antioxidante de frutos nativos da Caatinga. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 5, p. 1713-1720, 2020.

PERRY, C. Accounting for water use: terminology and concepts. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 7, p. 1122-1128, 2011.

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

PINTO, A. A. Produção e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo em função de níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 499-515, mai. 2013.

PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. 1. ed. Ilhéus: Editus, 2011.

PLACIDI, P. Monitoring Soil and Ambient Parameters in the IoT Precision Agriculture Scenario: An Original Modeling Approach Dedicated to Low-Cost Soil Water Content Sensors. **Sensors**, v. 21, 2021.

RAMOS, M. T. M. Desempenho fisiológico de acessos de *Passiflora cincinnata* submetidos ao estresse hídrico. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 18, n. 4, p. 1-13, 2022. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/6072>. Acesso em: 22 mai. 2025.

REBOUÇAS, A. C. **Uso Inteligente da Água**. São Paulo: Escrituras, 2004.

REITER, J. M. W.; HEIDEN, F. C. **Maracujá**. Florianópolis: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 1998. 69 p.

RIBEIRO, P. T. et al. Physicochemical characterization and cosmetic applications of *Passiflora nitida* Kunth leaf extract. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 58, e19723, 2022. DOI: 10.1590/s2175-97902022e19723.

RIZZI, L. C. et al. **Cultura do maracujá-azedo**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, SAA, 2021. 23 p. (Boletim Técnico, 235).

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1997.

RODRIGUES, G. C.; PEREIRA, L. S. Assessing economic impacts of deficit irrigation on wheat and maize in a mediterranean environment. **Irrigation Science**, v. 27, n. 5, p. 337-348, 2009.

RODRIGUES, L. A. et al. Enxertia em *Passiflora*: uma alternativa para o controle de doenças de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, n. 5, e-XXX, 2020.

RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. (Ed.). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: INOVAGRI, 2017. 327 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1081898>. Acesso em: 27 mai. 2024.

RODRIGUEZ-IZQUIERDO, A. Epigenetic differences between wild and cultivated grapevines highlight the contribution of DNA methylation during crop domestication. **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 504, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05197-z>.

RONCATTO, G. Comportamento de maracujazeiros (*Passiflora* spp.) quanto à ocorrência de morte prematura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 465-471, jun. 2008.

ROSÁRIO, R. C. do et al. Bioactive, technological-functional potential and morphological structures of passion fruit albedo (*Passiflora edulis*). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 43, e22222, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.22222>.

RUGGIERO, C. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1996. 64 p. (Série Publicações Técnicas, FRUPEX; 19).

SAAVEDRA, X. The role of ABA in drought stress responses in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 124, p. 29-37, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.12.010>.

SAGE, R. F.; KUBIEN, D. S. The temperature response of C₃ and C₄ photosynthesis. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, n. 9, p. 1086–1106, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01682.x.

SANTOS, M. **Obtenção da fração lipídica da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) para aplicação em um perfume sólido**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroindústria) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, 2019. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/15916>. Acesso em: 19 mai. 2025.

SANTOS, O. V.; VIEIRA, E.; SOARES, S.; CONCEIÇÃO, L.; NASCIMENTO, F. C.; TEIXEIRA-COSTA, B. Utilization of agroindustrial residue from passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds as a source of fatty acids and bioactive substances. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 41, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.16220>.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, set./dez. 1998.

SANTOS, R. J. S. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos associados à tolerância ao estresse hídrico em maracujazeiro-do-mato (*Passiflora cincinnata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 4, p. 636, 2021.

SCHNEIDER, J. M.; FRATTA, D. Time-domain reflectometry -- parametric study for the evaluation of physical properties in soils. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 46, n. 7, p. 753-767, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1139/t09-018>.

SEELINGER, G.; MERFORT, I.; WÖLFLE, U.; SCHEMPP, C. M. Anti-carcinogenic effects of the flavonoid luteolin. **Molecules, Basel**, v. 13, n. 10, p. 2628-2651, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules13102628>. Acesso em: 23 mai. 2025.

SEGATTO JÚNIOR, G. J. **Respostas fisiológicas à deficiência hídrica do maracujazeiro amarelo enxertado em espécies silvestres**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Departamento de Ciências Humanas, Universidade do Estado da Bahia, Barreiras, 2019. Disponível em: <https://saberaberto.uneb.br/handle/123456789/4595>. Acesso em: 19 mai. 2025.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R.; PURCELL, L. C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 331, p. 143–155, 1999. DOI: 10.1093/jxb/50.331.143.

SHAO, H.-B.; ZHAO, C.-X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.01.002>.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007. DOI: 10.1093/jxb/erl164.

SILVA, A. J. P. DA; COELHO, E. F. Water percolation estimated with time domain reflectometry (TDR) in drainage lysimeters. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 920 - 927, jul. 2013.

SILVA, C; SANTOS, J. C. C.; SOUZA, G. J. R.; OLIVEIRA, L. F.; DIAS, T. P. V. B. Extração de compostos bioativos de folhas de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims). In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2017, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: UFSCar, 2017. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeqic2017/504.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2025.

SILVA, G. U. da. Manejo de irrigação via solo e clima na cultura do milho (*Zea mays* L.) na região de Alegrete/RS. **Revista de Ciência e Inovação**. v. 2, n. 1, p. 31-40, 2017.

SILVA, J. F. **Potencial econômico e social do maracujá-da-caatinga (*Passiflora cincinnata*)**. São Paulo: Editora Científica, 2024. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/potencial-economico-e-social-do-maracuja-da-caatinga-passiflora-cincinnata>. Acesso em: 19 mai. 2025.

SILVA, L. P.; MENDONÇA, A. C. S.; ANDRADE, B. C. Panorama nacional da produção de maracujá. **Tropical Estufas Agrícolas**, 2022. Disponível em: <https://tropicalestufas.com.br/panorama-nacional-da-producao-de-maracuja-2>. Acesso em: 18 mai. 2025.

SOUSA, J. R. M.; LIMA, G. S.; LIMA, V. L. A.; SILVA, S. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R. da. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de maracujazeiro amarelo submetidas a estresse hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 6, p. 529–535, jun. 2015.

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**. p. 157-232, 2011.

SOUZA FILHO, J. D. C. Mecanismos de Controle da Variação Sazonal da Transpiração de uma Floresta Tropical no Nordeste da Amazônia. *Revista Acta Amazonica*, v. 35, n. 2, p. 223-229, 2005.

SUASSUNA, J. F. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 791--799, ago. 2011.

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

TANG, M.; BAI, X.; WANG, J.; CHEN, T.; MENG, X.; DENG, H.; LI, C.; XU, Z.-F. Efficiency of graft-transmitted JcFT for floral induction in woody perennial species of the *Jatropha* genus depends on transport distance. **Tree Physiology**, v. 42, n. 1, p. 189-2,041, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpab116>. Acesso em: 5 jun. 2025.

TOSCANO, S.; ROMANO, D. Response of Mediterranean Ornamental Plants to Drought Stress. **Horticulturae**, v. 5, n. 1, p. 6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010006>.

TURNER, N. C.; KRAMER, P. J. (Ed.). **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York: Wiley Interscience, 1980. p. 139-154.

ULMER, T; MACDOUGAL, J. M. **Passiflora: Passionflowers of the World**. Portland: Timber Press, 2004. 430 p.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global environment outlook 3**. London: Earthscan, 2002.

VEIMROBER JUNIOR, L. A. dos A.; SILVA, A. J. P. da; GHEYI, H. R.; SILVA, M. G. da; FREITAS, F. T. O. de; COELHO FILHO, M. Qualidade físico-química de frutos de maracujazeiro em função das formas de propagação e potenciais de água no solo. **IRRIGA**, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 273–292, 2021. DOI: 10.15809/irriga.2021v26n2p273-292.

VEIMROBER JÚNIOR, L. A. dos A.; SILVA, A. J. P. da; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; NOGUEIRA, N. W.; SOARES, F. A. L.; CAVALCANTE, Í. H. L. Water productivity of passion fruit under different forms of propagation and soil-based irrigation management criteria. **Irrigation Science**, v. 40, p. 423–433, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00766-8>.

VENDRUSCOLO, J; BARBOSA, M. A. S.; ABRANTES, E. G.; SOUZA, R. F. S.; FERREIRA, K. R.; MARIN, A. M. P.; SOUZA, E. F. M. Uso de geotecnologias para o manejo da fertilidade do Neossolo Litólico em agroecossistema familiar, no semiárido paraibano. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 3, n. 10, p. e3102095, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i10.2095.

VERECKEN, H.; HUISMAN, J. A.; BOGENA, H.; VANDERBORGHT, J.; VRUGT, J. A.; HOPMANS, J. W. On the value of soil moisture measurements in vadose zone hydrology: a review. **Water Resources Research**, v. 44, W00D06, 2008. DOI: 10.1029/2008WR006829.

VIANA, A. P. Melhoramento genético do maracujazeiro. In: SANTOS, F. S. (Ed.). O agronegócio do maracujá no Brasil. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2016 cap. 4, p. 127-166.

VIETS JR, F. G. **Fertilizers and the efficient use of water**. **Advances in Agronomy**, v. 14, p.223-264, 1962.

WAHAB, A. Plants Physio-Biochemical and Phyto-Hormonal Responses to Alleviate the Adverse Effects of Drought Stress: A Comprehensive Review. **Plants**, v. 11, n. 13, p. 1620, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11131620>.

WANG, H.; SHAN, L. Hydraulic Traits and Non-Structural Carbon Responses to Drought Stress in *Reaumuria soongorica* (Pall.) Maxim. and *Salsola passerina* Bunge. **Forests**, v. 15, n. 2, p. 287, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15020287>.

WANG, J. , LI, C., LI, L., REYNOLDS, M., MAO, X., & JING, R. Exploitation of drought tolerance-related genes for crop improvement. **International journal of molecular sciences**, v. 22, n. 19, p. 10265, 2021.

WICHELNS, D. Assessing the value of water used for agriculture: implications for managing scarcity. **Water Policy**, v. 12, n. 4, p. 506-518, 2010.

WICHELNS, D. (Ed.). Managing water and fertilizer for sustainable agricultural intensification. Paris: IFA; Colombo: IWMI; Wageningen: IPNI; Washington, DC: IPI. p. 83-100, 2015.

YANG, B.; FU, P.; LU, J.; MA, F.; SUN, X.; FANG, Y. Regulated deficit irrigation: An effective way to solve the shortage of agricultural water for horticulture. **Stress Biology**, v. 2, n. 1, p. 28, 2022.

YANG, L.; PERRERA, V.; SAPLAOURA, E.; APELT, F.; BAHIN, M.; KRAMDI, A.; OLAS, J.; et al. m5C Methylation Guides Systemic Transport of Messenger RNA over Graft Junctions in Plants. **Current Biology**, v. 29, n. 15, p. 2465-2476.e5, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.06.042>.

YU, L. *et al.* Review of research progress on soil moisture sensor technology. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 14, n. 3, p. 32–42, 2021.

YU, X; DRNEVICH, V. P.; NOWACK, R. L. Soil Property Variation by Time Domain Reflectometry. **Unsaturated Soils**. [S.l.], p. 553 – 564, 2006. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/40802\(189\)42](https://doi.org/10.1061/40802(189)42). Acesso em: 21 mai. 2024.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. Especial, n. 36, p. 126-142, 2014. Disponível em: <http://blog.clippingcacd.com.br/wp-content/uploads/2016/10/3176-9755-1-PB.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2025

ZHAO, B. et al. Physiological response mechanism and drought resistance evaluation of *Passiflora edulis* Sims under drought stress. **Phyton-International Journal of Experimental Botany**, v. 93, n. 6, p. 1345-1363, 2024.

ZUFFO, A. M. **Engenharia sanitária e ambiental: tecnologias para a sustentabilidade**. Ponta Grossa: Atena, 2019.

CAPITULO 1

DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE POTENCIAL MATRICIAL PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO MARACUJAZERIO DO MATO *Passiflora cincinnata* Mast.

.

I. DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE POTENCIAL DE ÁGUA NO SOLO IDEAL PARA O CULTIVO DO MARACUJAZERIO DO MATO *Passiflora cincinnata* Mast.

RESUMO: O maracujazeiro do mato é uma planta endêmica do continente Sul-americano, facilmente encontrada no semiárido brasileiro e que apresenta grande potencial para o mercado em virtude de seu sabor singular e propriedades nutricionais, especialmente por possuir grandes quantidades de vitamina C. É ingrediente de sucos, cervejas e sobremesas na região Nordeste. Embora a maior parte da produção desse fruto se dá na forma de extrativismo, percebe-se interesse social pelo cultivo sistematizado da cultura. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi pesquisar qual é a faixa de potencial de água no solo ideal para o cultivo irrigado de *Passiflora cincinnata* Mast. O experimento foi realizado em casa de Vegetação localizada nas dependências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 12°39'27.4"S 39°05'17.7"W. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), cada bloco contendo 4 plantas, com três repetições. No cultivo, as fontes de variação foram as faixas de potenciais de água no solo (- m): 0,6 a 1,0; 2,0 a 2,5; 3,3 a 4,0; e 5,0 a 6,0. A irrigação ocorreu de forma manual com o auxílio de um regador de plantas e um béquer como instrumento de medição de volume. Onze meses após o transplante das mudas, foram avaliadas as variáveis respostas do experimento: quantidade e peso dos frutos; massa de polpa dos frutos e formato dos frutos (comprimento e diâmetro longitudinal). Os resultados obtidos demonstram que existem diferenças significativas entre as plantas em função dos potenciais de água no solo. A produção e produtividade do *Passiflora cincinnata* Mast, é influenciada pelas faixas de tensão, porém não de forma tradicional, pois foi considerado como faixa ideal de manejo as tensões de -2,00 a -2,56 mca, valores abaixo do considerado como capacidade campo. Faixas de tensões entre -3,3 a -6,0 mca diminuem a produção e produtividade inicial, mas não inviabilizam a produção. Este resultado indica que a espécie opera com máxima eficiência produtiva sob um ligeiro déficit hídrico. No entanto, a exposição a tensões de até -6,0 mca não inviabiliza a produção, evidenciando a notável resiliência da espécie ao déficit hídrico. A faixa de potencial de 0,6 a 1,00 mca, tradicionalmente apresentadas como capacidade de campo, proporcionaram uma baixa eficiência do uso da água, já as demais faixas apresentaram EUA próximas de 100%.

Palavras-chave: Manejo de Irrigação, Caatinga, Fisiologia da planta, Passifloraceae.

I. DETERMINING THE IDEAL SOIL WATER POTENTIAL RANGE FOR CULTIVATION OF WILD PASSION FRUIT *Passiflora cincinnata* Mast.

ABSTRACT: The wild passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.) is a species endemic to South America, commonly found in the Brazilian semi-arid region, which shows significant market potential due to its unique flavor and nutritional properties, particularly its high vitamin C content. It is used as an ingredient in juices, beers, and desserts in the Northeast region. Although most production comes from extractive practices, there is growing social interest in systematic cultivation of this crop. In this context, this study aimed to identify the ideal soil water potential range for irrigated cultivation of *Passiflora cincinnata* Mast. The experiment was conducted in a greenhouse at the Graduate Program in Agricultural Engineering, Federal University of Recôncavo da Bahia (12°39'27.4"S 39°05'17.7"W). A randomized block design was adopted, with each block containing four plants and three replications. The experimental treatments consisted of four soil water potential ranges (- m H₂O): -0.6 to -1.0; -2.0 to -2.5; -3.3 to -4.0; and -5.0 to -6.0. Irrigation was applied manually using a watering can and a beaker for volume measurement. Eleven months after transplanting, the following response variables were evaluated: fruit quantity and weight; pulp mass; and fruit shape (length and longitudinal diameter). The results demonstrated significant differences among plants depending on soil water potential. The production and productivity of *Passiflora cincinnata* Mast. are influenced by water potential ranges, though not in a traditional pattern, as the optimal management range was identified as -2.00 to -2.56 m H₂O, values below those typically considered field capacity. Water potential ranges between -3.3 to -6.0 m H₂O reduce initial production and productivity but do not preclude production. This result indicates that the species operates at maximum productive efficiency under mild water deficit. However, exposure to potentials down to -6.0 m H₂O does not prevent production, demonstrating the remarkable resilience of this species to water deficit. The water potential range of -0.6 to -1.00 m H₂O, traditionally considered field capacity, resulted in low water use efficiency, while the other ranges showed WUE close to 100%.

Keywords: Irrigation management, Caatinga biome, Plant physiology, Passifloraceae.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* abrange uma vasta diversidade de espécies, com cores, formas e frutos variados, muitas das quais são valorizadas por seus frutos comestíveis, propriedades medicinais, potencial agroindustrial e ornamental. Entretanto, a produção comercial ainda se resume a poucas espécies. De fato, aproximadamente 90% dos pomares baseiam-se na *Passiflora edulis* Sims, popularmente conhecida como maracujá-azedo ou maracujá-amarelo, o mais consumido in natura e utilizado na indústria (Faleiro; Junqueira, 2016). Apesar disso, o potencial econômico das espécies silvestres permanece subexplorado (Monte; Santos, 2021), com grande parte da produção ocorrendo de forma extrativista (Marçal, 2018).

Dentre essas espécies, destaca-se a *Passiflora cincinnata* Mast., popularmente chamada de maracujá do mato ou maracujá da Caatinga. Nativa do semiárido brasileiro, apresenta características singulares: caule cilíndrico ou subangular, desenvolvimento e maturação dos frutos mais demorados que em outras espécies (D'Abadia *et al.*, 2021). Diferentemente da *P. edulis*, a *P. cincinnata* é uma trepadeira herbácea com rizoma perene, que produz brotos anuais ou perenes. Sua relevância tem crescido devido à resistência a doenças como a fusariose, o que a torna um porta-enxerto promissor para outras espécies de maracujá, inclusive a *P. edulis* (Cavalcante *et al.*, 2001).

Estudos fenológicos indicam que a floração e frutificação da *P. cincinnata* no Cerrado ocorrem em períodos distintos ao longo do ano, o que o torna vantajoso para produção na entressafra do maracujá-azedo (Silva *et al.*, 2021). Pesquisas sobre sua produtividade e caracterização no Cerrado revelam potencial para cultivo comercial, especialmente em sistemas agroecológicos (Araújo *et al.*, 2019).

Um dos seus principais atributos é a tolerância ao estresse hídrico em níveis superiores aos do maracujá-amarelo (Machado *et al.*, 2017). Por ser perene e adaptada à seca, desenvolve-se em diversos solos do semiárido em regime de sequeiro (Kiill *et al.*, 2016). Compreender os efeitos da disponibilidade hídrica e da tolerância à seca em seu desenvolvimento é fundamental para o sucesso do cultivo nessas regiões (Wanderley *et al.*, 2013).

O interesse social em sistematizar o cultivo do *P. cincinnata* associado às mudanças pluviométricas, faz da irrigação uma técnica imperativa para o cultivo. Diante da crescente escassez hídrica, o manejo eficiente da irrigação torna-se essencial para otimizar o uso da água, aumentar a produtividade e reduzir riscos (Silva; Neves, 2020). Agroindústrias cooperadas no

semiárido baiano já comercializam produtos derivados do maracujá silvestre (cervejas, geleias, licores e cosméticos), reforçando a necessidade de reduzir custos e desperdícios na produção.

Contudo, ainda há escassez de literatura sobre técnicas de produção em larga escala e, principalmente, sobre como manejar a irrigação para esta espécie. Pesquisas são necessárias para fornecer aos produtores informações acerca do manejo adequado da irrigação no cultivo de *P. cincinnata*. Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e o consumo de água de *Passiflora cincinnata* Mast. submetida a diferentes faixas de potenciais de água no solo.

2. METODOLOGIA

2.1 Descrição Geral do Experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, nas dependências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), localizado no município de Cruz das Almas, BA (latitude 12° 39' 11" S, longitude 39° 7' 19" O, altitude de 220 m). A região possui clima Am (quente e úmido) segundo a classificação de Köppen, com temperatura média mensal de 23,9°C, umidade relativa média mensal de 81% e precipitação média anual de 1200 mm.

O delineamento experimental adotado foi em Blocos Casualizados (DBC), com 4 tratamentos e 3 repetições, totalizando 12 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram na manutenção de faixas de potencial de água no solo, a saber: -0,6 a 1,0 mca; -2,0 a 2,56 mca; -3,3 a 4,0 mca e -5,0 a 6,0 mca.

O experimento foi implantado em novembro de 2023, consistindo em cultivo no interior de uma casa de vegetação com telhado tipo arco (30 m comprimento x 6 m largura x 3 m pé-direito), envolta em tela com 50% de sombreamento. As plantas foram cultivadas em 36 lisímetros, dos quais 12 representaram parcelas úteis experimentais. Os lisímetros foram fabricados com fibra de vidro, nas dimensões 0,9 m profundidade x 1,1 m largura x 1,1 m comprimento.

A parte inferior dos lisímetros recebeu uma camada de 0,1 m de brita zero. Os 0,7 m subsequentes foram preenchidos com Latossolo Amarelo distrocoeso de textura franco-arenosa (68% areia, 21% silte, 11% argila), coletado nas proximidades do experimento. Este solo apresentava densidade total de 1,31 kg/dm³ e densidade de partículas de 2,69 kg/dm³. Os 0,1 m superiores formaram a borda lisimétrica.

As propriedades hidráulicas do solo foram determinadas previamente ao plantio pelo método da modelagem inversa (MI) de condições transientes. Para a realização da MI, saturou-se o solo no lisímetro de pesagem e monitorou-se continuamente as variações do conteúdo de água no solo (θ) por meio de sondas TDR. A evaporação foi quantificada por alterações de massa no lisímetro. Posteriormente, os dados de evaporação e umidade foram processados no *software* Hydrus-1D (Šimunek *et al.*, 2016), obtendo-se os parâmetros hidráulicos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades hidráulicas do solo utilizado no experimento.

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

De posse das propriedades hidráulicas do solo, determinou-se a relação entre potencial matricial (ψ) e umidade do solo (θ) mediante a curva de retenção obtida por modelagem inversa (Figura 1) no *software* Hydrus 1-D (Šimunek; van Genuchten; Šejna, 2016), conforme realizaram Silva; Pinheiro; Van Lier (2020).

Para isso foi utilizada a equação de Van Genuchten (Equação 1) e as propriedades hidráulicas do solo que se encontram na Tabela 1.

$$\Theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|\psi|^n)^{\frac{1}{1-n}}]} \quad (1)$$

Em que:

- $\Theta(\Psi)$ é o conteúdo de água no solo em função de Ψ ($m^3\ m^{-3}$);
- Ψ é o potencial matricial.
- θ_r é o conteúdo residual de água no solo ($m^3\ m^{-3}$);
- θ_s é o conteúdo de água no solo na saturação ($m^3\ m^{-3}$);
- α , n - parâmetros empíricos do solo obtidos por ajuste matemático.

Com os parâmetros hidráulicos gerados pela modelagem inversa (Hydrus-1D), derivou-se a curva de retenção de água no solo (Figura 1).

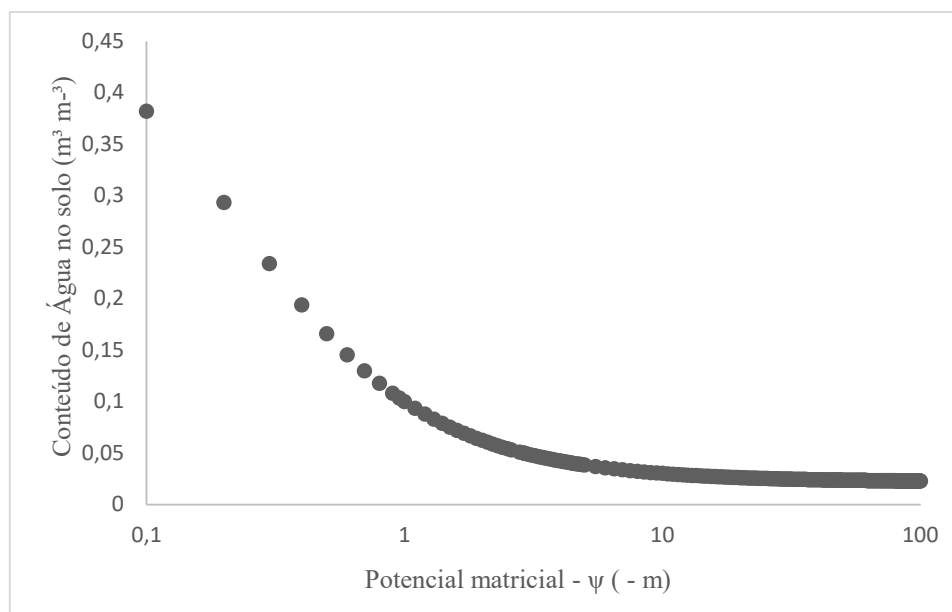


Figura 1 - Curva de retenção de água no solo.

Durante implantação do cultivo em lisímetros, o solo foi peneirado (malha de 6 mm) e preparado com adubação de macro e micronutrientes, conforme recomendações de Borges (2004) e Costa et al. (2009), um mês antes do plantio.

Foram utilizadas mudas de *Passiflora cincinnata* Mast. cultivadas em sacos plásticos contendo composto orgânico por um período de 35 dias até o transplante definitivo para os lisímetros de cultivo.



Figura 2 - Mudanças após o transplante.

Adotou-se o sistema de tutoramento em espaldeira vertical. Para a sustentação das plantas, utilizaram-se cordas de sisal (6 mm de diâmetro), conduzindo-as até um arame

galvanizado posicionado a 1,8 m de altura acima da base da planta. Realizou-se a poda da gema apical ao atingir a altura do arame. Os ramos secundários foram conduzidos horizontalmente para os lados direito e esquerdo do caule. Quando estes ramos atingiram 0,75 m de comprimento, foram podados novamente, e os ramos terciários resultantes foram conduzidos para baixo.



Figura 3 - Tutoramento dos Maracujazeiros do Mato.

2.2 Irrigação e Instrumentação Utilizadas

O monitoramento do conteúdo de água no solo foi realizado com uso de TDR (Time-Domain-Reflectometry), Campbell Scientific. As sondas TDR utilizadas possuíam as seguintes características: rês hastes de metal com 0,1 metros de comprimento espaçadas em 0,017 m e cobertas por 0,05 m com resina de poliéster.

Para calibração das sondas, utilizaram-se três tubos de PVC (0,074 m diâmetro × 0,2 m altura) preenchidos com mesmo solo dos lisímetros. Na base de cada tubo, instalou-se um tecido permeável para permitir drenagem livre enquanto retinha as partículas do solo. Os tubos foram saturados por imersão em água por 24 horas. Posteriormente, com o solo saturado, inseriu-se uma sonda TDR em cada tubo e registrou-se a massa do conjunto (solo + tubo + sonda + tecido). O conteúdo de água no solo foi determinado por diferença de massa conforme a Equação 2.

$$\theta = \left(\frac{M1 - M2}{M2 - M3} \right) * \frac{ds}{da} \quad (2)$$

Em que:

θ é o conteúdo de água no solo;

M1: É a massa total do sistema solo úmido, sonda, tubo e tela em Kg;

M2: É a massa total do sistema solo seco, sonda, tubo e tela em Kg;

M3: É a massa da sonda, tubo e tela;

da: é a densidade da água ($\sim 1 \text{ kg dm}^{-3}$);

ds: é a densidade do solo ($1,3 \text{ kg dm}^{-3}$).

Cada valor de umidade obtido foi correlacionado à constante dielétrica aparente (K_a) medida pelo TDR, estabelecendo-se a relação descrita e ilustrada na Figura 4.

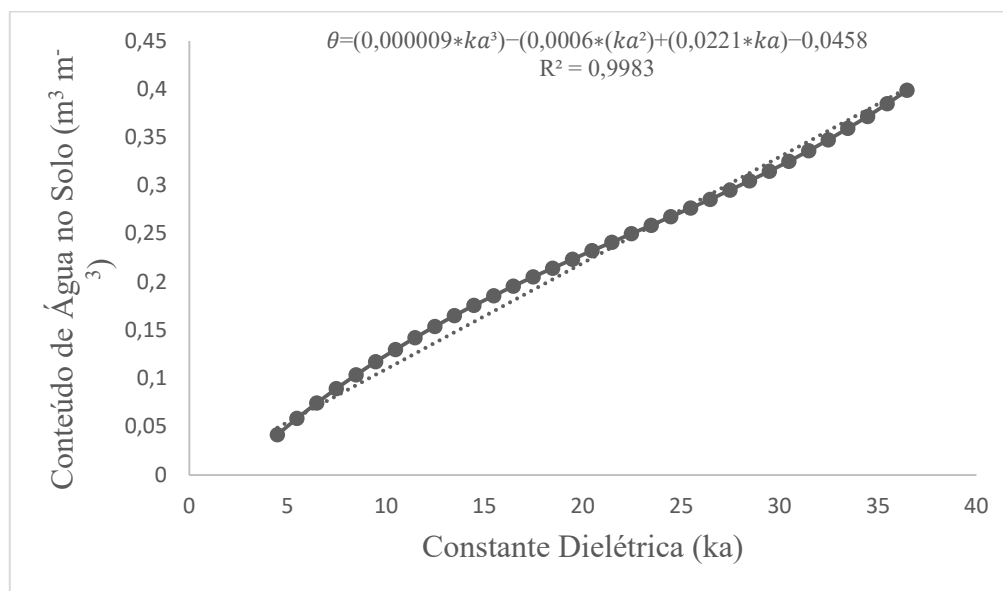


Figura 4 - Curva de calibração da sonda.

Para o monitoramento de θ e Ψ_m na região do sistema radicular das plantas, foram instaladas duas sondas TDR por tratamento a uma distância de 0,30 metros do caule, a 0,15 e 0,30 m de profundidade. As medidas de θ foram realizadas manualmente com a TDR 100 e um leitor digital CR1000KB acoplado a um datalogger CL1000 - campbell scientific.

As irrigações foram realizadas em dias alternados, de forma a retomar os valores de θ medidos (θ_{atual}) para valores de θ correspondentes aos Ψ_m de -0,6 mca, -0,2 mca, -0,3 mca e -0,5 mca, estabelecidos como diferentes “limites superiores” (Ψ_{sup}) em cada tratamento.

O volume de água necessário em cada irrigação (VAI) foi calculado, conforme equação (4).

$$VAI = (\theta_{sup} - \theta_{atual}) * Z * A \quad (4)$$

Em que:

VAI é o volume de água necessário à irrigação (m^3);

θ_{sup} é o conteúdo de água no solo referente ao limite superior para a aplicação do tratamento ($m^3 m^{-3}$);

θ_{atual} é o conteúdo de água no solo medido antes da irrigação ($m^3 m^{-3}$);

Z é a profundidade média radicular efetiva do Maracujazeiro (m);

A é a área superficial do lisímetro (m^2).

A irrigação foi realizada manualmente por dois operadores, utilizando quatro regadores de 10 L. Para volumes inferiores a 10 L, empregaram-se duas provetas graduadas com um litro de volume. Cada lisímetro foi irrigado individualmente. A área molhada correspondeu integralmente à superfície do lisímetro ($1,21 m^2$), assegurando distribuição uniforme da água durante cada aplicação.

Ao final do experimento, determinou-se a média dos valores de θ_{atual} medidos durante o período experimental em cada tratamento. Os valores médios de θ_{atual} junto aos valores de θ_{sup} , resultaram nas faixas de θ e Ψ que caracterizaram as fontes de variação experimental, as quais encontram-se expostas na Tabela 2:

Tabela 2 - Faixas de potencial matricial e conteúdo de água no solo aplicadas ao cultivo irrigado de *Passiflora cincinnata* Mast.

$\Psi m(-m)$	$\theta_{trat} (m^3 m^{-3})$
0,6- 1,0	0,2517- 0,207
2,0 - 2,56	0,1502 - 0,1351
3,3 - 4,0	0,1212 – 0,1108
5,0 – 6,0	0,1013 – 0,095

2.3 Variáveis Analisadas e Procedimento Estatístico.

Para avaliar o efeito das faixas de Ψm , as variáveis respostas medidas foram: Número total de frutos, comprimento do fruto, diâmetro longitudinal, massa dos frutos, massa da polpa dos frutos, eficiência de uso da água e produtividade da água.

O primeiro e segundo ciclos de produção do *P. cincinnata* foram avaliados observando-se o número de frutos totais maduros por contagem manual, o número de flores (contabilizado diariamente) a massa do fruto e massa da polpa do fruto. Além das variáveis de produção e qualidade dos frutos, foram estimadas a produtividade total, eficiência do uso da água (EUA) (Equação 6) e produtividade da água (PA) (Equação 7) conforme o pressuposto por Fernández et.al. (2020).

$$EUA = \frac{\sum Etc}{\sum VAI} * 100 \quad (6)$$

Em que:

EUA: Eficiência do uso da água (%);

$\sum Etc$: Somatório da evapotranspiração (mm);

$\sum VAI$: Somatório do volume de água de irrigação (mm).

$$PA = \frac{Prod}{\sum VAI} \quad (7)$$

Em que:

PA: Produtividade da água (Ton ha⁻¹ mm⁻¹);

Prod: Produtividade do maracujazeiro do mato (Ton ha⁻¹);

VAI: Volume de água de irrigação (mm).

Para a determinação da Evapotranspiração da cultura (ETc), o balanço de água no solo foi realizado conforme realizado por NASCIMENTO, *et al.* (2021).

$$Etc = VAI \pm \Delta h \quad (8)$$

$$\Delta h = (\theta_{i+1} - \theta_i) * Z * A \quad (9)$$

Em que:

$\sum Etc$. é o somatório da evapotranspiração do maracujazeiro até o período da primeira produção. (m³ planta⁻¹);

$\sum VAI$ é o somatório do volume de água aplicado até o período da colheita (m³ planta⁻¹);

Δh é a variação de armazenamento de água no solo (m³);

$\theta_{(i+1)}$ é a umidade do solo no final de um ciclo de irrigação ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$);

θ_i é a umidade do solo antes da irrigação ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$);

Z é profundidade radicular do maracujazeiro (m);

A é a área de superfície dos lisímetros (m^2).

A varável produtividade foi calculada estimando o espaçamento entre as plantas de 3 metros entre as linhas e 2,5 metros entre as plantas.

Número de plantas por hectare = $(10.000 \text{ m}^2) / (3 \times 2,5) = 1334$ plantas por hectare.

2.4 Análise dos Frutos

Os frutos foram colhidos manualmente no estágio de maturação caracterizado por amolecimento da epiderme (ponto de colheita padrão). Realizou-se a contagem dos frutos e, posteriormente, mensuraram-se: A massa do fruto inteiro e do mesocarpo (balança de precisão), comprimento e diâmetro dos frutos (paquímetro digital).

2.5 Análise Estatística

Realizou-se análise de variância (ANOVA) para avaliar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos nas variáveis analisadas. Quando a ANOVA indicou efeito significativo, adotou-se o teste de Tukey para comparações múltiplas entre as médias dos tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A amplitude entre as lâminas totais de irrigação aplicadas em cada faixa de Ψ_m foi de 1368mm. A lâmina total necessária para manter a faixa de Ψ_m entre -0,6 a -1,0 mca durante o tempo de cultivo foi superior às demais condições experimentais (Figura 5), sendo 2,5 vezes maior que a lâmina total aplicada para manter a faixa de -2,0 a -2,5 mca.

Nas plantas cultivadas sob Ψ_m entre -0,6 a -1,0 mca, observou-se no estágio crítico de floração e frutificação, entre 120 e 150 dias após emergência (DAE), houve um acentuado incremento de 34% na demanda hídrica diária, com valores elevando-se de 5,8 mm/dia para 7,8 mm/dia. Este aumento foi maior que os incrementos de 18-22% registrados nos demais tratamentos, conforme evidenciado pela pronunciada inclinação da curva neste período fenológico.

Ao longo do período experimental total de 303 dias, os volumes hídricos aplicados e respectivas lâminas equivalentes (considerando a área de 1,21 m^2 do lisímetro) foram: 2.537,98 L

(2.088,56 mm) para faixa -0,6 a -1,0 mca; 984,09L (807,24 mm) para -2,0 a -2,56 mca; 787,52 L (650,84 mm) para -3,3 a 4,0 mca; e 563 L (460 mm) para -5,0 a -6,0 mca. As diferenças acumuladas entre tratamentos consecutivos revelaram reduções progressivas: 1281,32 mm entre T1 e T2, 156,4 mm entre T2 e T3, e 190,84 mm entre T3 e T4 mca.

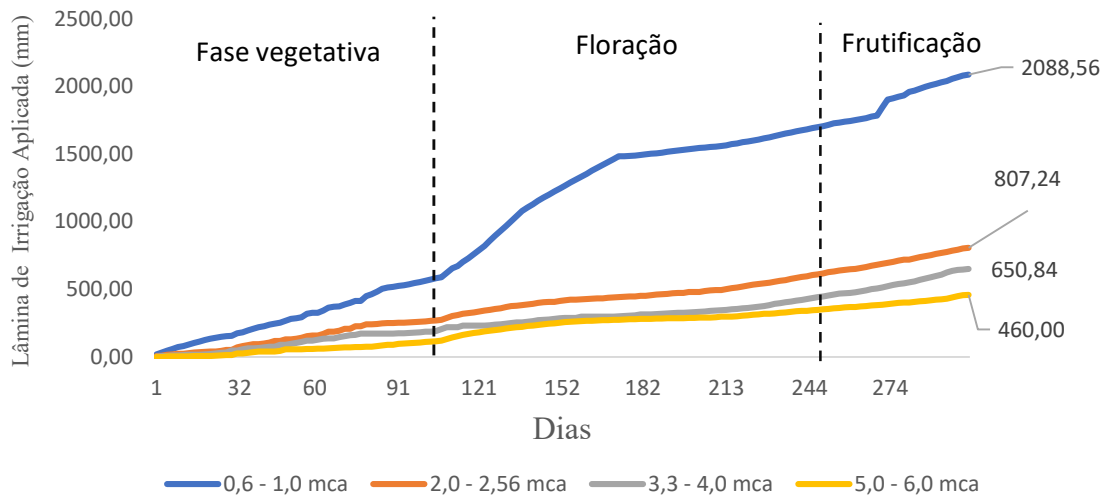


Figura 5 - Lâmina de irrigação aplicada no cultivo do maracujazeiro do mato submetidos a diferentes faixas de potencial de água no solo.

Verifica-se na Figura 6, que as faixas de potencial aplicadas ao cultivo do *P. cincinnata* possibilitam a obtenção de EUA próxima a 100%, com exceção da faixa -0,6 a -1,0 mca, onde a EUA foi apenas 47%. Tradicionalmente, a capacidade de campo (potencial de -0,5 mca a -1,0 mca) para solos arenosos é estabelecida como limiar ótimo para reposição hídrica em culturas anuais (Brito *et al.*, 2011). Contudo, nossos dados demonstram que, para *P. cincinnata*, uma espécie não convencional adaptada a ambientes semiáridos, a manutenção sistemática nesse potencial -0,6 a -1,0 mca, superior à capacidade de campo) resultou em um desperdício hídrico sem ganhos produtivos proporcionais. Este fenômeno corrobora a ideia de que a fixação rígida no valor da capacidade de campo pode subestimar a plasticidade adaptativa de plantas nativas e induzir a irrigação excessiva, conforme quantificado pela redução de 53% na EUA quando o manejo de irrigação foi baseado no conceito convencional de capacidade de campo. Isso se alinha com observações de Cavalcante *et al.* (2009) e Campos (2021) em plantas forrageiras, e por Martins *et al.* (2012) em milho. Espécies com mecanismos ecofisiológicos de tolerância à

seca, como as xerófitas, apresentam respostas ótimas em potenciais hídricos inferiores à capacidade de campo.

Em contraste com os resultados obtidos para plantas xerófilas como o maracujá do mato, o maracujá gigante amarelo necessita de mais água para alcançar sua máxima produção, conforme observado por Veimrober Júnior *et al.* (2022) para o *Passiflora edulis* Sims. Os autores recomendam manter o solo em uma faixa específica de potencial (potencial matricial entre -0,7 e -2,0 mca para maximizar o número de frutos, a produção e a eficiência no uso da água. Conclui-se que a persistência em um valor fixo é contraproducente, pois não apenas ignora a plasticidade adaptativa de espécies nativas, como também promove o uso irracional de água. Essa afirmação é sustentada pela redução de 53% na eficiência do uso da água (EUA) observada no tratamento com maior lâmina de irrigação.

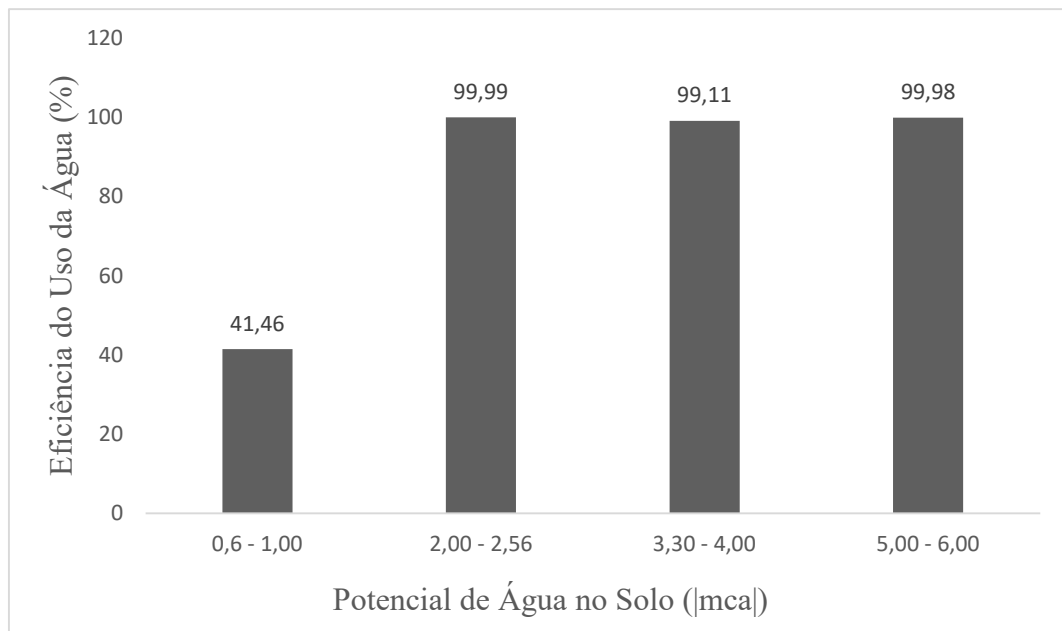


Figura 6 - Eficiência do Uso da Água do *P. cincinnata* submetidos a diferentes faixas de potencial de água no solo.

Os resultados de EUA obtidos nas quatro condições de manutenção de potencial da água no solo indicam que o conceito de capacidade de campo, embora útil como referência agrônoma para evitar percolação e lixiviação, não constitui um parâmetro absoluto para manejo de irrigação, especialmente em plantas xerófilas como o *Passiflora cincinnata* Mast. Ou seja, o manejo de irrigação via solo demanda uma validação ecofisiológica específica para cada planta. Isso é particularmente relevante para espécies conservativas, que são capazes de otimizar a eficiência produtiva e manter seu desenvolvimento mesmo quando o solo é mantido

em um potencial matricial inferior aos valores usualmente associados à capacidade de campo (-0,6 a 1,0 mca).

Não surpreendentemente, existe uma disparidade considerável entre o volume total aplicado durante o período do experimento e a evapotranspiração da cultura total do tratamento submetido a faixa de tensão de -0,6 a 1,0 mca. Sugerindo que a ETc máxima do maracujá do mato durante todo o período estudado e nas condições experimentais aqui apresentadas foi de 1317,54 litros/planta.

A Figura 7 retrata o volume de água de irrigação utilizado durante todo o período do experimento, juntamente com a evapotranspiração da cultura, ETc. No gráfico o *P. cincinnata* Mast. utiliza toda a água disponível no solo quando submetido a faixa de potencial igual a -2,00 a -2,56 mca e isso é similar as faixas com tensões mais negativas. Para a faixa de potencial de -0,6 a 1,0 mca foi constatado que o volume de irrigação foi sistematicamente maior que a ETc com grande parte do volume irrigado perdido por drenagem, ou seja, aplicação de água dentro dessa faixa ultrapassou a necessidade fisiológica ótima da planta.

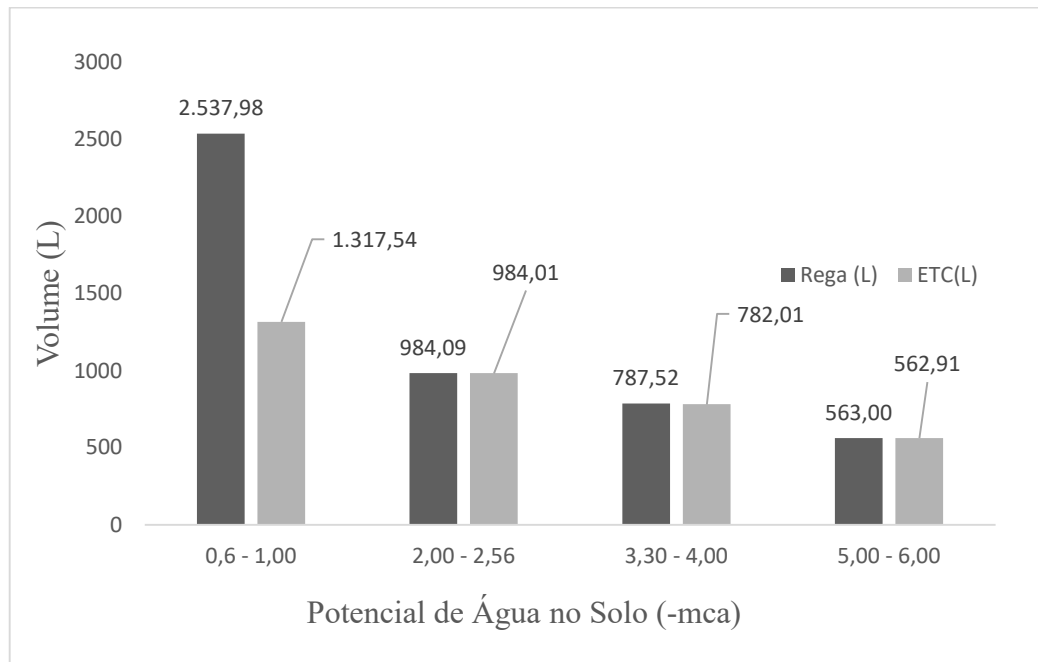


Figura 7 - Comparação Entre o Volume Total Irrigado e a ETc

As variáveis analisadas que apresentaram diferenças significativas e não significativas entre os tratamentos ($p < 0,01$) estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) para as variáveis morfológicas estudadas no experimento.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio								
		PROD	PROTI	PA	MME	NF	CF	DF	MF	SME
Tratamento	3	422197,6*	0,292*	0,2454 ^{ns}	697,1585 ^{ns}	56,3056 ^{ns}	454,1380 ^{ns}	454,1380 ^{ns}	697,1585 ^{ns}	11876*
Resíduo	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		58,96	59,19	79,61	46,82	49,96	59,19	47,79	46,82	66,57

*GL: Graus de liberdade, PROD: Produtividade, PROTI: Produtividade Inicial, PA: Produtividade da Água, MME: Massa média de endocarpo por tratamento, NF: Número de frutos colhidos no período experimental, CF: Comprimento do fruto, DF: Diâmetro longitudinal do fruto, MF: Massa média dos frutos, SME: Soma total da massa de Endocarpo

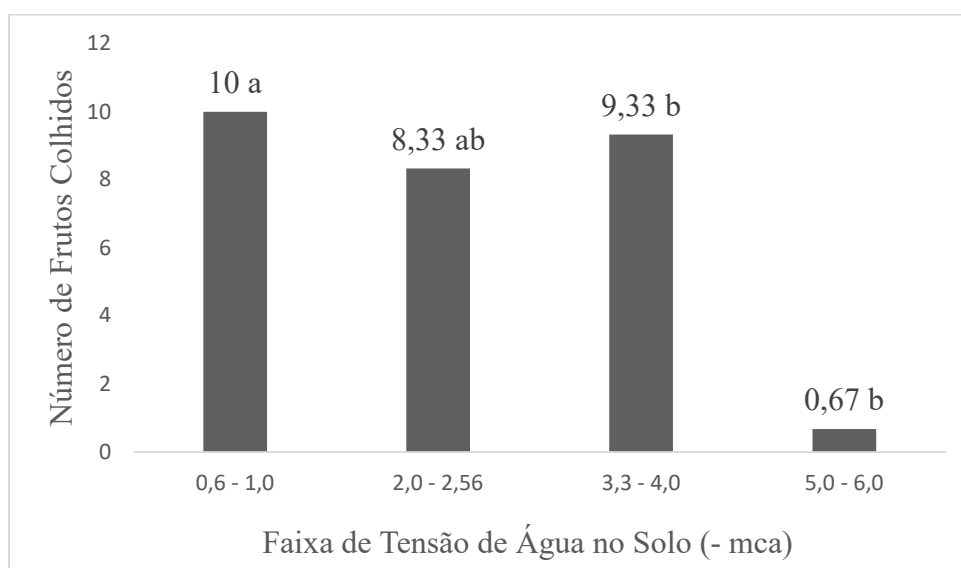
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) realizado pelo teste F.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) realizado pelo teste F

ns- não significância do teste F.

Verificou-se que a faixa de potencial de água no solo causou diferenças significativas nas médias das variáveis respostas obtidas, o que indica a influência determinante da disponibilidade hídrica no solo para o desempenho agrônomo da espécie em estudo.

A Figura 8 retrata a quantidade média de frutos colhidos ao longo do experimento. Os resultados mostram que o número de frutos produzidos foi influenciado pela disponibilidade de água no solo. Na faixa de -2,0 a -2,56 mca, obteve-se em média 8,33 frutos para o início da fase produtiva (303 DAE), seguido por -3,3 a -4,0 mca (9,33 frutos). Em condição de maior disponibilidade hídrica (-0,6 a -1,0 mca), a produção foi observacionalmente maior com 10 frutos produzidos, mas sem diferenças estatísticas, enquanto a menor produtividade ocorreu sob déficit severo (-5,0 a -6,0 mca), com apenas 0,67 fruto.

**Figura 8** - Número Total de Frutos Produzidos em 303 dias após o plantio

A Figura 9 retrata a massa média dos frutos produzidos pelas plantas submetidas as diferentes faixas de potencial de água no solo. Os maiores valores foram obtidos quando as plantas foram submetidas as faixas de tensão -0,6 a -1,0 mca (50,3 g) e -2,0 a -2,56 mca (32,5 g).

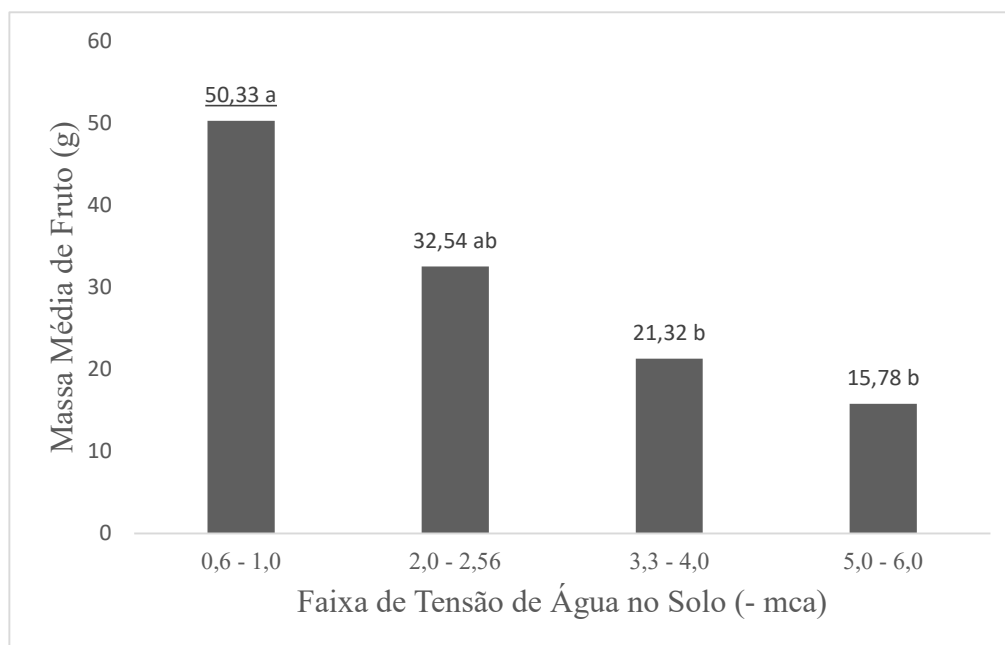


Figura 9 - Massa média dos frutos produzidos por cada tratamento.

Os resultados evidenciam que tanto o número total de frutos quanto a massa média individual foram significativamente afetados pelas condições hídricas do solo. Entretanto, análise estatística não detectou diferenças significativas entre os tratamentos estudados, os quais foram estatisticamente iguais. Por outro lado, a massa média por fruto foi maximizada em condição de maior disponibilidade de água (-6,0 a -1,0 mca), sugerindo que o aporte hídrico favorece o enchimento e o crescimento individual como pode ser observado nas figuras 10 e 11 que representam o comprimento e diâmetro médio dos frutos submetidos aos tratamentos.

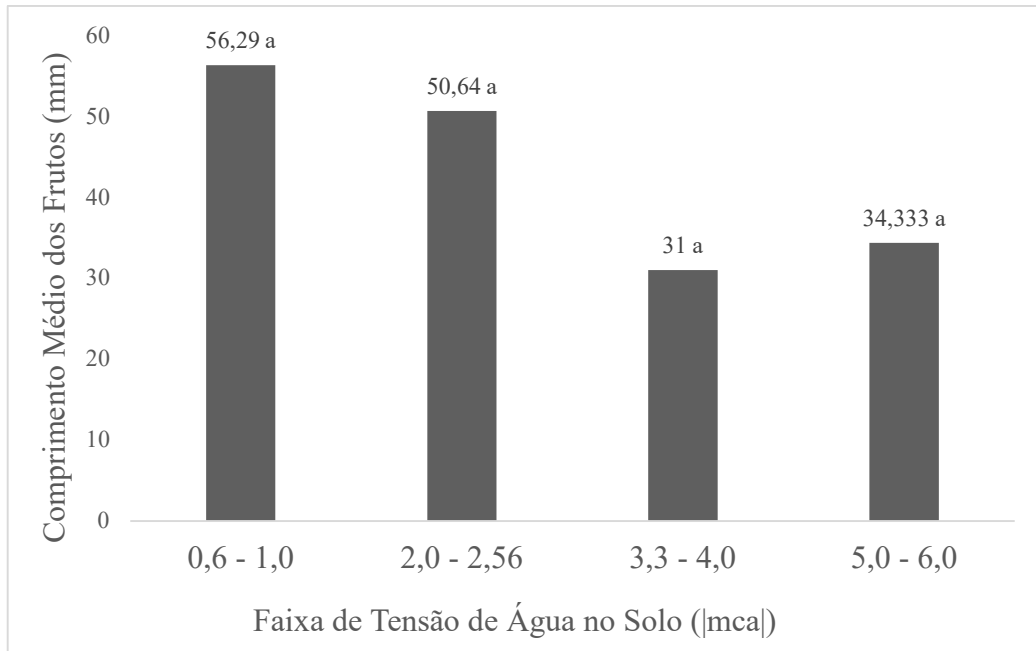


Figura 10 - Comprimento médio em milímetros dos frutos colhidos durante o experimento.

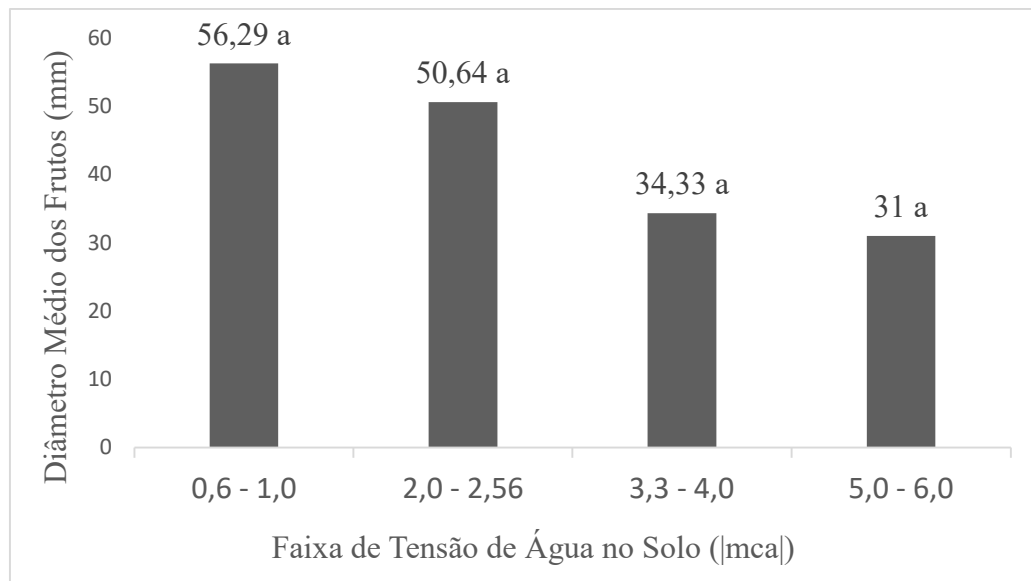


Figura 11 – Diâmetro médio em milímetros dos frutos colhidos durante o experimento.

A razão comprimento/diâmetro do fruto define seu formato, sendo valores próximos a 1 indicativos de formato esférico. Conforme a Figura 12, os frutos submetidos aos potenciais de -0,6 a -1,0 mca e -2,0 a -2,56 mca apresentaram formato praticamente esférico, enquanto aqueles sob condições mais secas exibiram formatos distintos.

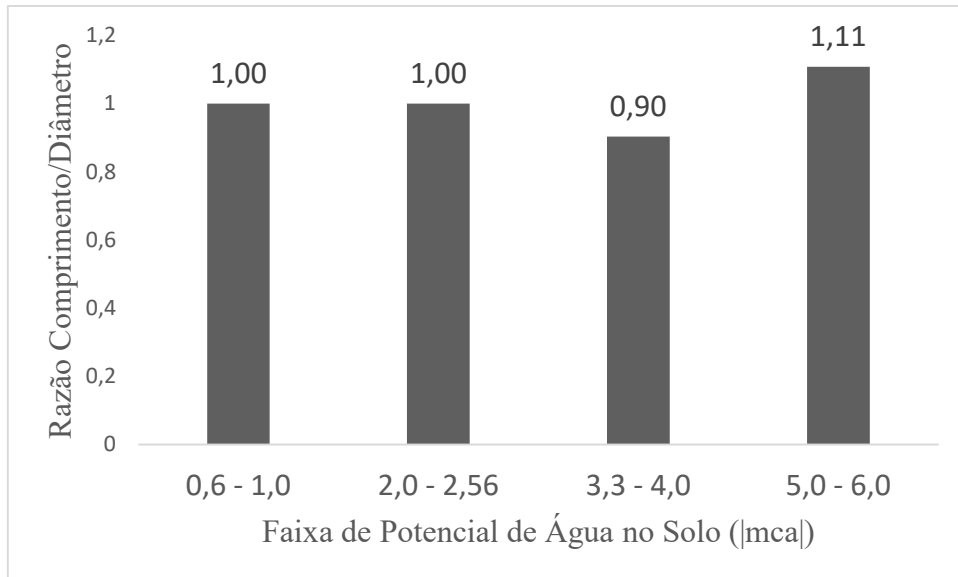


Figura 12 – Razão comprimento/diâmetro dos frutos produzidos no experimento.

Os resultados demonstram que a produção de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*) decresceu proporcionalmente à redução do potencial hídrico do solo (Figura 13). Contudo, conforme o teste de Tukey, a produção nas faixas de -0,6 a -1,0 e -2,0 a -2,56 mca foi estatisticamente equivalente. É válido destacar que, mesmo na faixa mais restritiva (-5,0 a -6,0 mca), foi registrada uma produção de 0,67 frutos (39,18 g), o que evidencia a tolerância da espécie ao déficit hídrico, especialmente considerando que o experimento foi conduzido no início do período produtivo. Ademais, a manutenção dos níveis de evapotranspiração próximos à lâmina de irrigação aplicada corrobora essa resiliência.

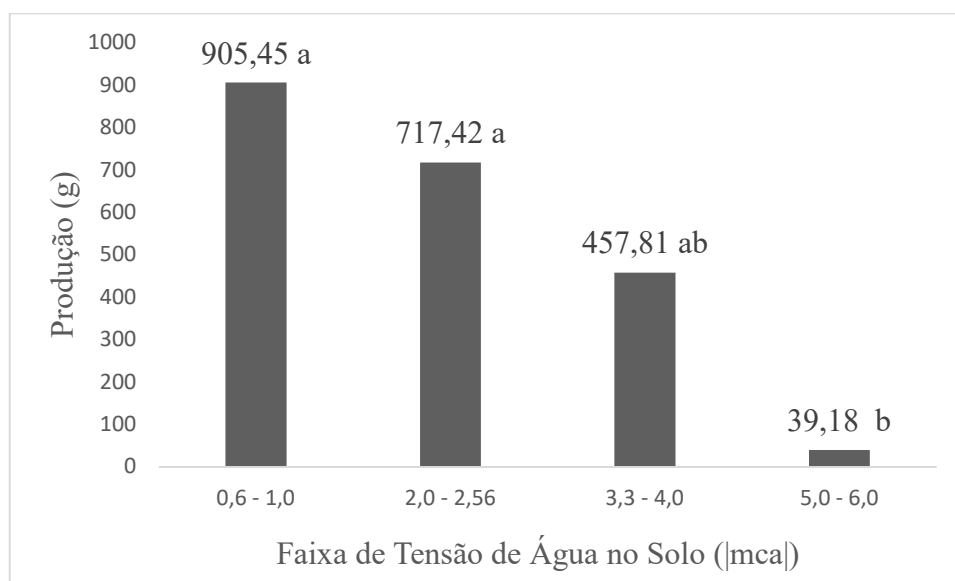


Figura 13 - Massa total de frutos produzidos ao longo do período do experimento em gramas.

Embora D'Abadia *et al.*, (2021) tenham registrado produtividade significativamente superior para a mesma espécie - com massa média de 8 kg por planta (variação de 3,5 a 14,9 kg) e média de 139 frutos por planta (variação de 55,8 a 283,5) - é fundamental considerar que os dados do presente trabalho (6,9 frutos por parcela experimental) se referem ao início do período produtivo, aproximadamente 180 DAE.

Para a estimativa da produtividade inicial foi calculada de acordo com o método descrito na metodologia do presente trabalho está retratada na Figura 14.

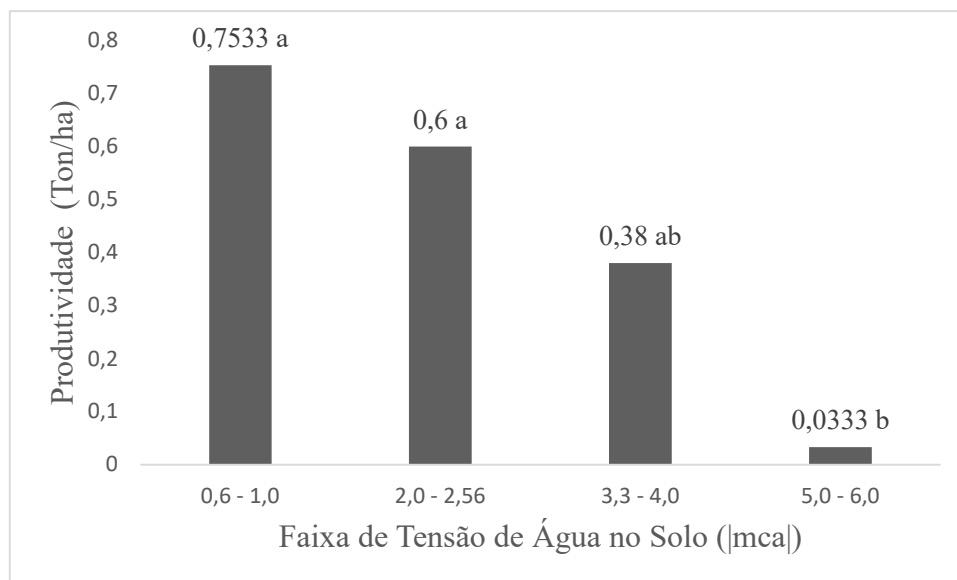


Figura 14 - Produtividade inicial estimada em tonelada por hectare.

A produtividade inicial da água, Figura 15, foi chamado produtividade “inicial” da água porque consideramos apenas no início do período produtivo, (303 DAE), um tempo limitado, são recomendadas novas pesquisas com maior tempo de cultivo experimental. A produtividade inicial da água foi maximizada na faixa de -2,0 a -2,56 mca (0,7267 g L⁻¹), evidenciando que a disponibilidade hídrica intermediária para os padrões do experimento proporcionou maior eficiência no uso dos recursos. Em tensões mais baixas (-0,6 a -1,0 mca), a eficiência foi reduzida (0,3633 g L⁻¹), enquanto déficits severos (-5,0 a -6,0 mca) resultaram em queda acentuada (0,07 g L⁻¹), possivelmente devido às restrições fisiológicas impostas pelo estresse hídrico. Esses resultados indicam que níveis de disponibilidade de água no solo favorecem o equilíbrio entre produção de biomassa e consumo hídrico, ressaltando o papel estratégico do manejo da irrigação para a eficiência produtiva.

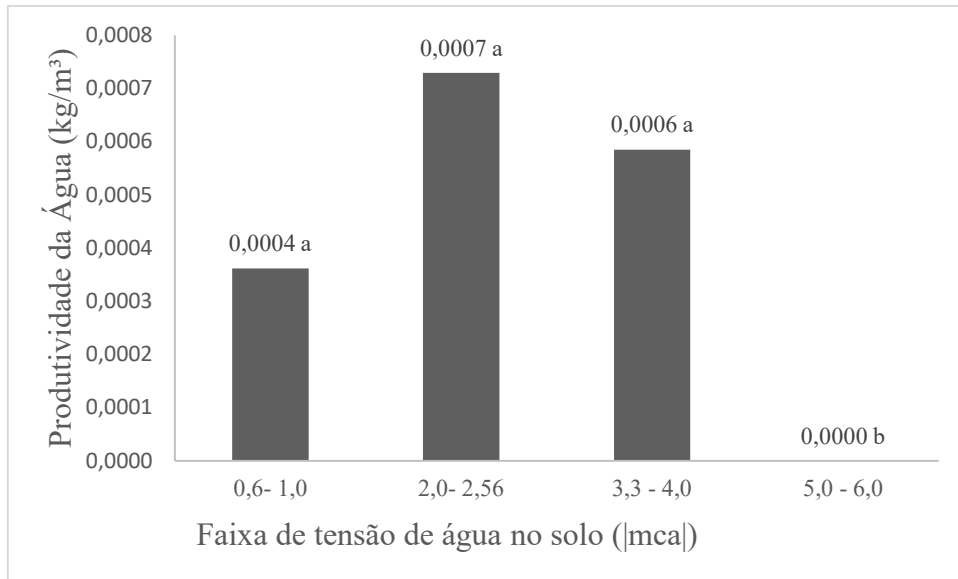


Figura 15: Produtividade da Água

A massa do endocarpo (polpa + sementes), Figura 16, é uma característica de grande relevância, especialmente para frutos destinados à indústria. A massa total de endocarpo dos frutos produzida ao longo do experimento foi diretamente influenciada pela disponibilidade de água no solo, com valores mais acentuados na faixa de -0,6 a -1,0 mca (510,13 g) e reduções progressivas sob maiores tensões hídricas, chegando a 30,5 g em -5,0 a -6,0 mca. Esse comportamento evidencia que a adequada disponibilidade de água favorece a manutenção do turgor celular, a fotossíntese e o transporte de fotoassimilados para os frutos, enquanto a restrição hídrica promove fechamento estomático, menor assimilação de carbono e limitações no enchimento dos frutos.

Dessa forma, a irrigação em níveis próximos ao limite superior de retenção hídrica constitui fator determinante para maximizar o crescimento e a massa de polpa, ressaltando a importância do manejo hídrico no desempenho produtivo da cultura.

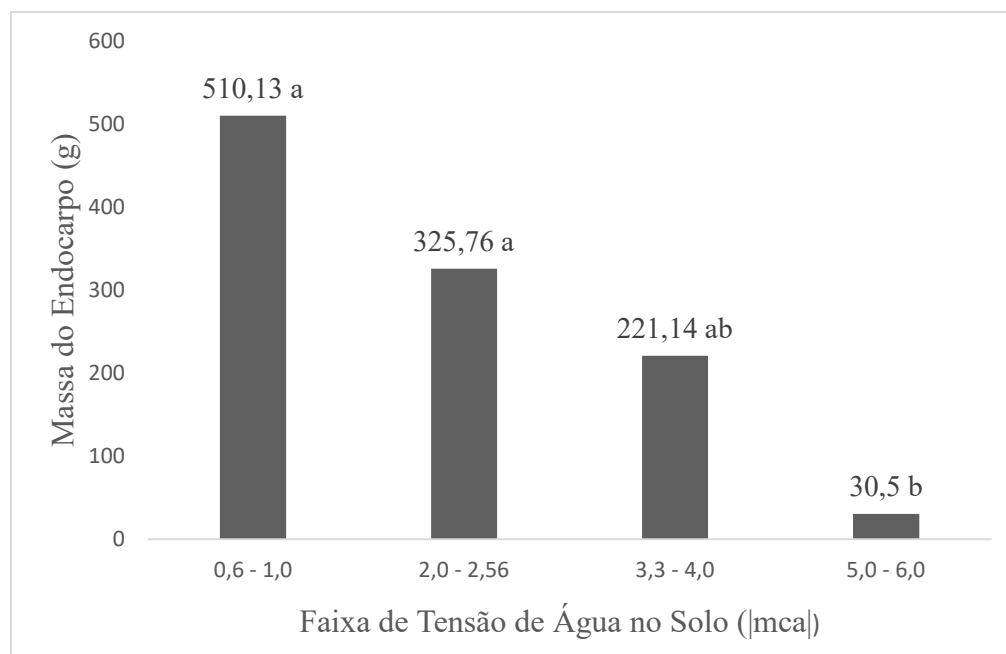


Figura 16 - Massa total de endocarpo produzida ao longo do experimento.

Os parâmetros biométricos essenciais para a classificação comercial e aceitação pelo consumidor. As faixas de potencial mais elevadas (0,6 - 1,0 e 2,0 - 2,56) estão associadas a frutos com maior massa de endocarpo, comprimento e diâmetro. Isso sugere que o potencial, que pode ser interpretado como um fator de manejo ou genético, influencia diretamente o desenvolvimento físico do fruto. A literatura corrobora essa observação, indicando que a qualidade dos frutos é um resultado da somatória da ação de vários fatores, incluindo a nutrição mineral e o manejo (Aular, 2013).

A Tabela 4 sumariza os resultados das variáveis de qualidade dos frutos de maracujá-do-mato em resposta às diferentes faixas de potencial hídrico no solo.

Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros de qualidade dos frutos de maracujá-do-mato sob diferentes faixas de potencial hídrico

Faixas de Potencial	Massa Média do endocarpo (g)	Comprimento do fruto (mm)	Diâmetro do fruto (mm)	Relação comprimento/diâmetro
0,6 - 1,0	50,33 a	56,29 a	56,29 a	1
2,0 - 2,56	32,54 a	50,64 a	50,64 a	1
3,3 - 4,0	21,32 a	31 a	34,33 a	0,903
5,0 - 6,0	15,78 a	34,333 a	31 a	1,107

Conforme os dados apresentados, observa-se uma tendência de redução na massa do endocarpo e nas dimensões dos frutos (comprimento e diâmetro) à medida que se intensifica o

déficit hídrico. Notavelmente, os frutos submetidos às condições de maior disponibilidade de água (faixas de -0,6 a -1,0 mca e -2,0 a -2,56 mca) apresentaram formato esférico perfeito, conforme atestado pela relação comprimento/diâmetro igual a 1. Em contraste, os tratamentos mais severos (-3,3 a -4,0 mca e -5,0 a -6,0 mca) resultaram em frutos com formatos tenuemente achatados e alongados, respectivamente, refletindo o impacto do estresse hídrico na morfologia final do fruto.

4. CONCLUSÃO

A produção e produtividade do *Passiflora cincinnata* Mast, é influenciada pelas faixas de tensão, porém não de forma tradicional, pois foi considerado como faixa ideal de manejo as tensões de -2,00 a -2,56 mca, valores abaixo do considerado como capacidade campo. O consumo de água das plantas submetidas à faixa de tensão de -0,6 a -1,0 mca foi 2,87 vezes maior em relação ao tratamento correspondente as tensões de -2,0 a 2,56 mca durante o período experimental. Faixas de tensões entre -3,3 a -6,0 mca diminuem a produção e produtividade inicial, mas não inviabilizam a produção. Este resultado indica que a espécie opera com máxima eficiência produtiva sob um ligeiro déficit hídrico. No entanto, a exposição a tensões de até -6,0 mca não inviabiliza a produção, evidenciando a notável resiliência da espécie ao déficit hídrico. A faixa de potencial de 0,6 a 1,00 mca, tradicionalmente apresentadas como capacidade de campo, proporcionaram uma baixa eficiência do uso da água, já as demais faixas apresentaram EUA próximas de 100%.

5. REFERÊNCIAS:

- AULAR, J. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 1-12, 2013.
- ARAUJO, F. P. de; MELO, N. F. de; AIDAR, S. de T.; YURI, J. E.; FALEIRO, F. G. **Cultivo de Passiflora cincinnata Mast. cv. BRS Sertão Forte**. Petrolina: Embrapa, 2019. 22 p. (Circular Técnica, ISSN 1808-9976). Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108283/cultivo-de-passiflora-cincinnata-mast-cv-brs-sertao-forte>. Acesso em: 3 mai. 2025.
- BORGES, A. L. Nutrição mineral, calagem e adubação. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (ed.). **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 117-149.
- BRITO, A. dos 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. DOI: 10.1590/S0100-06832011000600010.
- CAMPOS, A J. de M.; SANTOS, S M.; NACARATH, I R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, e311101523155, 2021.
- CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. de B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2009. 50 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/748148>. Acesso em: 3 mai. 2025.
- CAVALCANTE, U. M. T. et al. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. flavicarpa Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 379-388, dez. 2001. DOI: 10.1590/S0102-33062001000300008.
- COSTA, M.M., BONOMO, R., JUNIOR, D.G., 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.
- D'ABADIA ACA, COSTA AM, FALEIRO FG, MALAQUIAS JV, ARAÚJO FP de. Yield and physical characterization of *Passiflora cincinnata* in the Brazilian Savanna. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 51, e65795, 2021. DOI: 10.1590/1983-40632021v5165795.
- FALEIRO, F. G; JUNQUEIRA, N. T. V. **Maracujá: cultivo, manejo e tecnologias sustentáveis**. Montevidéo: PROCISUR, 2016. Disponível em: https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_maracuja_506.pdf. Acesso em: 27 mai. 2024.
- IBGE. **Produção de maracujá**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Acesso em: 20 abr. 2023.

KIILL, L. H. P; SOUZA, A. V. de; AZEVEDO, S. G. de; SILVA, N. B. G. da; BISPO, L. dos P; SANTOS, J. T. L. Levantamento de plantas nativas da Caatinga como potencial medicinal e aromático em comunidades do Território Sertão do São Francisco. In: DIAS, T.; EDIT, J. S.; UDRY, C. **Diálogos de saberes: relatos da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 415-424. (Coleção Povos e Comunidades Tradicionais, 2).

MACHADO, C. de F. Espécies silvestres de maracujazeiro comercializadas em pequena escala no Brasil. In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. (Org.). **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. v. 1, p. 59-80.

MARÇAL, K. L. G; BEZERRA, W. H.F; ARAÚJO F. P; CHAVES, A. R. M; AIDAR, S. T. Resistência à desidratação de diferentes acessos de *Passiflora cincinnata* Mast. (Passifloraceae). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 13., 2018, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. p. 329-336. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1098712/1/Kananda.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2025.

MARTIN, J. D., CARLESSO, R., AIRES, N. P., GATTO, J. C., DUBOU, V., FRIES, H. M., & SCHEIBLER, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 192-205, 2012. DOI: 10.15809/irriga.2012v1n01p192.

MONTE, I. A.; SANTOS, S. C. L. O maracujazeiro-do-mato (*Passiflora Cincinnata* Mast.) e sua importância econômica: uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e18210716464, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16464>.

NASCIMENTO, F. A. L; SILVA, A. J. P; FREITAS, F. T. O; VEIMROBER JUNIOR, L. A. A. Sensor placement in 2D/3D wetting patterns from drip irrigation for quantification of evapotranspiration. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 188, art. 106356, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106356>.

SILVA, A. J. P.; PINHEIRO, E. A. R.; VAN LIER, Q. D. J. Determination of soil hydraulic properties and its implications for mechanistic simulations and irrigation management. **Irrigation Science**, v. 38, n. 3, p. 223-234, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-020-00664-5>.

SILVA, C. N; FALEIRO, F. G; JUNQUEIRA, N. T. V; OLIVEIRA, J. S. Aspectos da fenologia das progênies de maracujá silvestre BRS Maracujá Maçã, BRS Pérola do Cerrado e BRS Sertão Forte = Phenology aspects of *Passiflora* wild progeny BRS Maracujá Maçã, BRS Pérola do Cerrado and BRS Sertão Forte. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 121, n. 1, e090, 2022. DOI: 10.24215/16699513e090.

SILVA, S. N. da; NEVES, E. das. Importância do manejo da irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia-GO, v. 17, n. 34, p. 271-272, dez. 2020. DOI: 10.18677/EnciBio_2020D21.

SIMŮNEK, J.; GENUCHTEN, M. T.; ŠEJNA, M. Recent developments and applications of the HYDRUS computer software packages. **Vadose Zone Journal**, v. 15, n. 7, p. 1-25, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2136/vzj2016.04.0033>.

VEIMROBER JÚNIOR, L. A. dos A. **Eficiência do uso da água e qualidade pós-colheita no cultivo do maracujazeiro sob diferentes formas de propagação e manejo da irrigação por gotejamento**. 2021. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, 2021.

VEIMROBER JÚNIOR, L. A. et al. Water productivity of passion fruit under different forms of propagation and soil-based irrigation management criteria. **Irrigation Science**, v. 40, n. 3, p. 423-433, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00766-8>.

WANDERLEY, R. O. S. et al. Análises físico-químicas de maracujá-do-mato *Passiflora cincinnata* em estado nativo na Caantiga Paraibana. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 65., 2013. **Anais [...]**. [S. l.]: SBPC, 2013. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/9633.htm>. Acesso em: 17 fev. 2025.

CAPITULO 2

II MANEJO DE IRRIGAÇÃO COM DIFERENTES FAIXAS DE POTENCIAL MÁTRICO NO CULTIVO DE (*Passiflora edulis* Sims.) ENXERTADO EM (*Passiflora cincinnata* Mast.)

II. MANEJO DE IRRIGAÇÃO COM DIFERENTES FAIXAS DE POTENCIAL MÁTRICO NO CULTIVO DE (*Passiflora edulis* Sims.) ENXERTADO EM (*Passiflora cincinnata* Mast.)

RESUMO: A cultura do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims.) possui grande relevância econômica devido ao seu sabor singular e propriedades medicinais, como o potencial de aliviar estresse e ansiedade. Muito demandada pelo setor agroindustrial, em um cenário de crescente demanda e escassez hídrica, melhorar a eficiência do uso da água de cultivos do maracujá-amarelo torna-se essencial para a preservação de recursos e a rentabilidade do produtor. Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo é avaliar o desempenho agrônômico do *Passiflora edulis* Sims. como porta enxerto do *Passiflora cincinnata* Mast., submetidos a diferentes faixas de potenciais de água no solo. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas-BA. Após o transplântio das mudas para lisímetros individuais em 11 de dezembro de 2023, as fontes de variação experimental foram aplicadas a partir de 05 de fevereiro de 2024. Estas consistiram na manutenção de quatro faixas de potenciais de água no solo (-0,6 a -1,0; -2,0 a -2,56; -3,3 a -4,0 e -5,0 a -6,0 mca) em plantas enxertadas e não enxertadas, (avaliadas até 300 dias após o transplântio). Ao final do período experimental, comparou-se a produtividade em relação ao volume de água aplicada. Sob o potencial mais severo (-5,0 a -6,0 mca), as plantas enxertadas demonstraram maior resiliência, não havendo diferenças significativas para as variáveis analisadas entre os métodos de propagação. Contudo, nos tratamentos com potenciais de água no solo menos restritivos (faixas superiores de -0,6 a -1,0, -2,0 a -2,56 e -3,3 a -4,0 mca), as plantas não enxertadas apresentaram diferenças significativas em produtividade. A faixa de potencial de água no solo demonstrou influência significativo sobre as variáveis produtivas e morfológicas do maracujazeiro, porém não foi observada interação entre o porta-enxerto e a faixa de potencial. A condição de maior disponibilidade hídrica (-0,6 a -1,0 mca) proporcionou os melhores resultados, com produção total de 3832,09 go, produção de polpa de 1871,41 g e 26 frutos por planta. À medida que a faixa se tornou mais negativa, observou-se uma redução progressiva nestes parâmetros, com a produção total caindo para 1287,6 g e o número de frutos para 11 na faixa de -5,0 a -6,0 mca. Apesar disso, em condições de menor disponibilidade hídrica, pode-se usar a faixa de potencial de 2,00- a 2,56 mca, pois não apresentou diferença estatística em número de frutos e massa de polpa dos frutos em relação a faixa de 0,6 a 1,00 mca.

Palavras-chave: Enxertia, *Passiflora*, monitoramento de água no solo, produtividade hídrica,

II. IRRIGATION MANAGEMENT WITH DIFFERENT MATRIC POTENTIAL RANGES FOR GRAFTED YELLOW PASSION FRUIT (*Passiflora edulis* Sims.) ON (*Passiflora cincinnata* Mast.) ROOTSTOCK

ABSTRACT: Yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) is an economically significant crop due to its unique flavor and medicinal properties, including potential stress and anxiety relief. Highly demanded by the agro-industrial sector, improving water use efficiency in yellow passion fruit cultivation becomes essential for resource preservation and producer profitability in a context of increasing demand and water scarcity. This study aimed to evaluate the agronomic performance of *Passiflora edulis* Sims. grafted onto *Passiflora cincinnata* Mast. rootstock under different soil water potential ranges. The experiment was conducted in a protected environment at the Federal University of Recôncavo da Bahia, in Cruz das Almas-BA. After transplanting seedlings to individual lysimeters on December 11, 2023, experimental treatments were applied from February 5, 2024, consisting of four soil water potential ranges (-0.6 to -1.0; -2.0 to -2.56; -3.3 to -4.0 and -5.0 to -6.0 m H₂O) in grafted and ungrafted plants, evaluated until 300 days after transplanting. Under the most severe potential (-5.0 to -6.0 m H₂O), grafted plants demonstrated greater resilience, with no significant differences in analyzed variables between propagation methods. However, in less restrictive soil water potential treatments (-0.6 to -1.0, -2.0 to -2.56 and -3.3 to -4.0 m H₂O), ungrafted plants showed significantly higher productivity. Soil water potential ranges significantly influenced passion fruit productive and morphological variables, but no interaction was observed between rootstock and potential range. The highest water availability condition (-0.6 to -1.0 m H₂O) provided the best results, with total production of 3832.09 g, pulp production of 1871.41 g and 26 fruits per plant. As the potential range became more negative, a progressive reduction in these parameters was observed, with total production decreasing to 1287.6 g and fruit number to 11 in the -5.0 to -6.0 m H₂O range. Nevertheless, under lower water availability conditions, the potential range of -2.00 to -2.56 m H₂O can be recommended, as it showed no statistical difference in fruit number and pulp mass compared to the -0.6 to -1.00 m H₂O range.

Keywords: Grafting, Passion fruit, *Passiflora*, soil water monitoring, water productivity, water stress.

1. INTRODUÇÃO

O manejo da irrigação, especialmente por sensoriamento da água no solo, é imprescindível para a otimização da produção agrícola, garantindo o uso eficiente dos recursos hídricos. A espécie de maracujá *Passiflora edulis* Sims., popularmente conhecida como maracujá amarelo ou maracujá azedo, é um exemplo de cultura que se beneficia imensamente de um manejo hídrico adequado. Apesar de sua ampla produção no Nordeste do Brasil, uma região semiárida, o *P. edulis* demonstra baixa tolerância à seca. Estudos como o de Zhao *et al.*, (2024) confirmam que o estresse hídrico reduz significativamente o desenvolvimento da planta, afetando altura, diâmetro do caule e outras variáveis.

Para que a cultura atinja seu máximo potencial produtivo e qualitativo, o manejo adequado da irrigação é um fator determinante, influenciando diretamente processos fisiológicos como o florescimento e o desenvolvimento dos frutos.

A deficiência de água pode acarretar sérios prejuízos, como a queda prematura de folhas e frutos, e o desenvolvimento de frutos enrugados, comprometendo a qualidade e o valor comercial da produção. Por outro lado, o excesso de água também é prejudicial, podendo levar à asfixia radicular e ao favorecimento de doenças

Em contraste, a espécie *Passiflora cincinnata* Mast., nativa do semiárido, encontrada espontaneamente, sendo explorada de forma extrativista. Embora sua importância comercial seja menor que a do *P. edulis* Sims., o *P. cincinnata* é consumido fresco e utilizado na produção de sucos e sobremesas por cooperativas locais, especialmente em Pernambuco e Bahia. A safra do *P. cincinnata* Mast. coincide com a entressafra do maracujá amarelo comercial (Braga *et al.*, 2016), o que o torna uma alternativa promissora para programas de beneficiamento, mitigando o problema da sazonalidade no mercado.

Diante da alta exigência hídrica do *P. edulis* e da necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis, a enxertia surge como uma solução viável. A pesquisa com espécies do mesmo gênero que possuem características benéficas e complementares é de grande interesse. As oscilações na produtividade do maracujazeiro amarelo são frequentemente atribuídas a problemas fitossanitários (Araújo *et al.*, 2008). No entanto, outras espécies do gênero *Passiflora* apresentam resistência a doenças e pragas. Marostega *et al.*, (2020) demonstraram o potencial de hibridização entre espécies comerciais e silvestres para produzir plantas mais tolerantes a doenças e secas, embora a produção de híbridos de qualidade seja um processo demorado e

complexo, com barreiras pré-zigóticas e falhas no desenvolvimento de sementes (Ocampo *et al.*, 2016).

É inevitável pensar na possibilidade da junção de uma ou mais características especiais em uma única planta, dentre as diversas tecnologias disponíveis para a realização de tal façanha, uma das mais simples e mais tradicionais é a prática da enxertia. a enxertia é uma técnica mais acessível e com maior taxa de sucesso do que a hibridização. Shehata *et al.* (2024) obtiveram 98,33% de sucesso na enxertia de tomate e berinjela em *Solanum torvum*, uma planta do mesmo gênero tolerante à seca e salinidade. A possibilidade de combinar características especiais em uma única planta, como a resistência do *P. cincinnata* e a produtividade do *P. edulis*, torna a enxertia uma prática promissora.

Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo é avaliar o desempenho agrônômico do *Passiflora edulis* Sims. como porta enxerto do *Passiflora cincinnata* Mast., submetidos a diferentes faixas de potenciais de água no solo.

2. MATERIAIS E METÓDOS

2.1 Caracterização da Área Experimental e Condições do Experimento

O cultivo experimental com plantas de *Passiflora edulis* não enxertadas e *P. edulis* enxertadas em *P. cincinnata* foi estabelecido em novembro de 2023, em condições protegidas. O cultivo foi conduzido no interior de uma casa de vegetação, localizada nas dependências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas-BA (coordenadas geográficas: 12°39'11"S, 39°07'19"O, altitude de 226 m).

A estrutura da casa de vegetação possuía telhado do tipo arco, com dimensões de 30 m de comprimento, 6 m de largura e 3 m de pé-direito, sendo totalmente envolta em tela de sombreamento com 50% de retenção de luz.

As plantas foram cultivadas em 36 caixas lisímetros de fibra de vidro, com dimensões de 0,9 m de profundidade, 1,1 m de largura e 1,1 m de comprimento. Desse total, 24 unidades constituíram as parcelas úteis do delineamento experimental. A cobertura dos lisímetros foi confeccionada com filme de polietileno dotado de sombrite de 40% incorporado. As laterais, por sua vez, foram integralmente revestidas com tela de sombrite de 50% em toda a sua extensão vertical Figura 1.



Figura 1 - Interior da Casa de Vegetação Logo Após os Transplântio das Mudas.

O perfil de preenchimento dos lisímetros foi constituído por uma camada de brita nº 0 com espessura de 0,20 m na base, sobreposta por uma camada de 0,60 m de solo classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso de textura franco-arenosa, apresentando composição granulométrica de 68% de areia, 21% de silte e 11% de argila, além de densidade global de 1,31 g/cm³ e densidade de partículas de 2,69 g/cm³. Um espaço livre de 0,10 m foi mantido entre a superfície do solo e a borda dos lisímetros para prevenir extravasamento. Os lisímetros foram elevados a 0,34 m acima do piso, apoiados em estruturas de madeira sobre três paredes de alvenaria, e equipados com sistema de drenagem individual, composto por tubos instalados na base de cada lisímetro, que conduziram a água para recipientes coletores.

2.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2×4 , com três repetições. Os fatores estudados incluíram duas formas de propagação: plantas de *Passiflora edulis* não enxertadas e *P. edulis* enxertadas em *P. cincinnata*; e quatro faixas de potencial mátrico de água no solo: -0,6 a -1,0 mca, -2,0 a -2,56 mca, -3,3 a -4,0 mca e -5,0 a -6,0 mca. O experimento totalizou oito tratamentos e 24 unidades experimentais, distribuídas igualmente entre os três blocos.

2.3 Condições do Experimento e Monitoramento da Umidade do Solo

As propriedades hidráulicas do solo foram determinadas previamente ao plantio por meio do método da modelagem inversa sob condições transientes. Para a execução da modelagem inversa, o solo contido no lisímetro de pesagem foi inicialmente saturado, e as variações no conteúdo de água ao longo do tempo foram monitoradas de forma contínua,

utilizando antenas TDR, enquanto a evaporação foi quantificada por meio de alterações de massa registradas no lisímetro. Os dados coletados de umidade e evaporação foram subsequentemente processados no software Hydrus-1D (Šimunek et al., 2016), por meio do qual se obtiveram os parâmetros hidráulicos do solo, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades hidráulicas do solo utilizado no experimento.

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

A umidade volumétrica do solo (θ , $m^3 m^{-3}$) foi monitorada diariamente por meio de sondas TDR (Time-Domain Reflectometry acopladas a um reflectômetro TDR 100 (Campbell Scientific) Figura 2, e calibrados para o solo experimental.



Figura 2 - Sensor capacitivo tipo TDR (Time-Domain-Reflectômetro) acopladas ao reflectômetro modelo TDR 100 da Campbell Scientific.

Cada sonda consistiu em três hastes metálicas paralelas de 0,10 m de comprimento, espaçadas em 0,017 m entre si, encapsuladas em resina de poliéster com exposição dos 0,05 m inferiores para contato com o solo Figura 3. As sondas foram instaladas verticalmente na camada radicular (0-60 cm de profundidade), previamente calibradas para o solo experimental mediante curva específica (θ vs. K_a).



Figura 3 - Confeção das Sondas TDR.

As sondas TDR foram calibradas utilizando três cilindros de PVC (0,074 m de diâmetro interno \times 0,20 m de altura), preenchidos homogeneamente com solo experimental compactado à densidade global de 1,31 g/cm³. A base de cada cilindro foi revestida com malha de náilon (abertura < 50 μ m) para retenção de partículas durante a saturação. Os cilindros foram saturados por capilaridade mediante imersão parcial em lâmina d'água de 0,02 m por 24 h. Após saturação completa, as hastes ativas das sondas TDR (0,05 m expostos) foram inseridas verticalmente no centro de cada cilindro. Realizaram-se leituras diárias da permissividade dielétrica (K_a) e da massa do conjunto (cilindro + solo + sonda) durante o processo de secagem natural à temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). O conteúdo de água volumétrico (θ , cm³/cm³) foi determinado pela equação 2:

$$\theta = \left(\frac{M1 - M2}{M2 - M3} \right) * \frac{ds}{da} \quad (2)$$

Em que:

θ é o conteúdo de água no solo;

M1: É a massa total do sistema solo úmido, sonda, tubo e tela em Kg;

M2: É a massa total do sistema solo seco, sonda, tubo e tela em Kg;

M3: É a massa da sonda, tubo e tela;

da: é a densidade da água ($\sim 1000 \text{ kg m}^{-3}$);

ds: é a densidade do solo (1300 kg m^{-3}).

Cada valor de umidade foi associado a um valor de constante dielétrica aparente (K_a), obtida pelo reflectómetro TDR, dando origem a equação (3).

$$\theta = (0,000009 * ka^3) - (0,0006 * (ka^2)) + (0,0221 * ka) - 0,0458 \quad (3)$$

Após calibração, duas sondas TDR foram instaladas por lisímetro em uma repetição selecionada aleatoriamente por bloco. Cada sonda foi posicionada radialmente a 0,15 m do caule, com profundidades de 0,15 m (camada superficial) e 0,30 m (subsuperfície), monitorando o perfil radicular ativo (0 - 0,45 m). As leituras da permissividade dielétrica (K_a) foram realizadas manualmente 48 horas após cada irrigação utilizando o sistema integrado TDR 100 + CR1000KB + datalogger CR1000 (Campbell Scientific). Na Tabela 2 encontram-se as faixas de tensão e as faixas de umidade do solo.

Tabela 2 - Faixas de Potencias escolhidos como limites superiores de água no solo e valores de umidade correspondentes

$\Psi_m(\text{mca})$	$\theta_{\text{trat}} (\text{m}^3 \text{ m}^{-3})$
0,6- 1,0	0,2517- 0,207
2,0 - 2,56	0,1502 - 0,1351
3,3 - 4,0	0,1212 – 0,1108
5,0 – 6,0	0,1013 – 0,095

As lâminas de irrigação aplicadas durante o experimento foram determinadas mediante conversão dos potenciais matriciais (ψ) em umidade volumétrica (θ), utilizando a curva de retenção de água no solo caracterizada para o perfil experimental. Esta curva foi obtida por modelagem inversa no software HYDRUS-1D (Šimůnek, van Genuchten & Šejna, 2016), seguindo metodologia validada por Silva, Pinheiro & van Lier (2020). A modelagem empregou a equação de van Genuchten (1980) (Eq. 1):

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|\psi|^n)^{1-\frac{1}{n}}]} \quad (1)$$

Em que:

θ (Ψ) é a umidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$);

θ_r é a umidade residual ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$);

θ_s é a umidade na capacidade de campo do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$);

α , n - parâmetros empíricos do solo;

Ψ é a tensão de água no solo.

O volume de água de irrigação (VAI, cm³/planta) foi calculado para repor a água até o Limite Superior (LS) de cada tratamento, conforme a equação 4:

$$VAI = (\theta_{sup} - \theta_{atual}) * Z * A \quad (4)$$

Em que:

VAI é o volume de água de irrigação (m³);

θ_{sup} é a umidade do solo referente ao limite superior para a aplicação do tratamento (m³ m⁻³);

θ_{atual} é a umidade do solo medida no momento que antecede a irrigação (m³ m⁻³);

Z é a profundidade radicular efetiva do Maracujazeiro (m);

A é a área superficial do lisímetro.

A corresponde a área do lisímetro que contém cada planta.

O volume de água calculado (VAI) foi aplicado individualmente em cada planta utilizando dois regadores calibrados de 10 L Figura 4 e um béquer graduado (resolução 1000 ml) para garantia de precisão volumétrica. A água foi captada de um tanque central abastecido com água potável (condutividade elétrica 0,32 dS/m, pH 6,8) mantido em temperatura ambiente (25 ± 3°C) dentro da casa de vegetação. As irrigações foram realizadas a cada 48 horas no período entre 06:00 e 08:00 h, com aplicação de forma a umedecer toda a área de solo de cada lisímetro.



Figura 4 - Materiais Utilizados Para a Irrigação das Plantas Durante o experimento.

2.4 Avaliações Fitotécnicas

A colheita dos frutos iniciou-se em 3 de junho de 2024, estendendo-se até 15 de janeiro de 2025. Cada fruto foi analisado individualmente no Laboratório de Instrumentação Agrícola do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Água e Solo, onde se realizaram medições precisas de parâmetros qualitativos e produtivos. A massa fresca do fruto (MF) foi determinada logo após a colheita com balança analítica de precisão ($\pm 0,01$ g), enquanto as dimensões geométricas - comprimento longitudinal (CF) e maior diâmetro equatorial (DF) - foram aferidas com paquímetro digital (resolução 0,01 mm). Adicionalmente, quantificou-se a massa média do endocarpo (MME) através da pesagem da polpa e sementes após separação anatômica.

Para avaliação dos componentes produtivos, registraram-se: o número de frutos por planta (NF) por contagem direta em cada parcela experimental; a massa total de frutos (MF) por soma direta das massas individuais; a produção por planta (PROD) expressa em gramas por planta; e a produtividade (PRODT) calculada por extrapolação para toneladas por hectare, considerando a densidade de plantio. A conversão para produtividade por área seguiu a fórmula padrão, integrando a produção por planta e o espaçamento experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) bifatorial em delineamento de blocos casualizados, avaliando os efeitos de interação entre os fatores, nas condições em que não ocorreu interação os fatores foram avaliados individualmente por meio de teste de Tukey a 5 % de significância.

Após verificação dos pressupostos de homoscedasticidade (teste de Levene) e normalidade (teste de Shapiro-Wilk), as comparações de médias para o fator qualitativo (tipo de planta) foram realizadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Todo o processamento estatístico foi executado na linguagem de programação R no software RStudio garantindo rigor analítico na interpretação dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

A Figura 5 mostra a evolução temporal e acumulada das lâminas de irrigação aplicadas ao longo do período experimental em cada condição de cultivo. O pé franco representado pelas letras PF e o porta-enxerto representado pela letra E, ambos seguidos dos valores correspondentes às faixas de potencial de água no solo (-5,0 -3,3, -2,0 e -0,6) mca que foram submetidos.

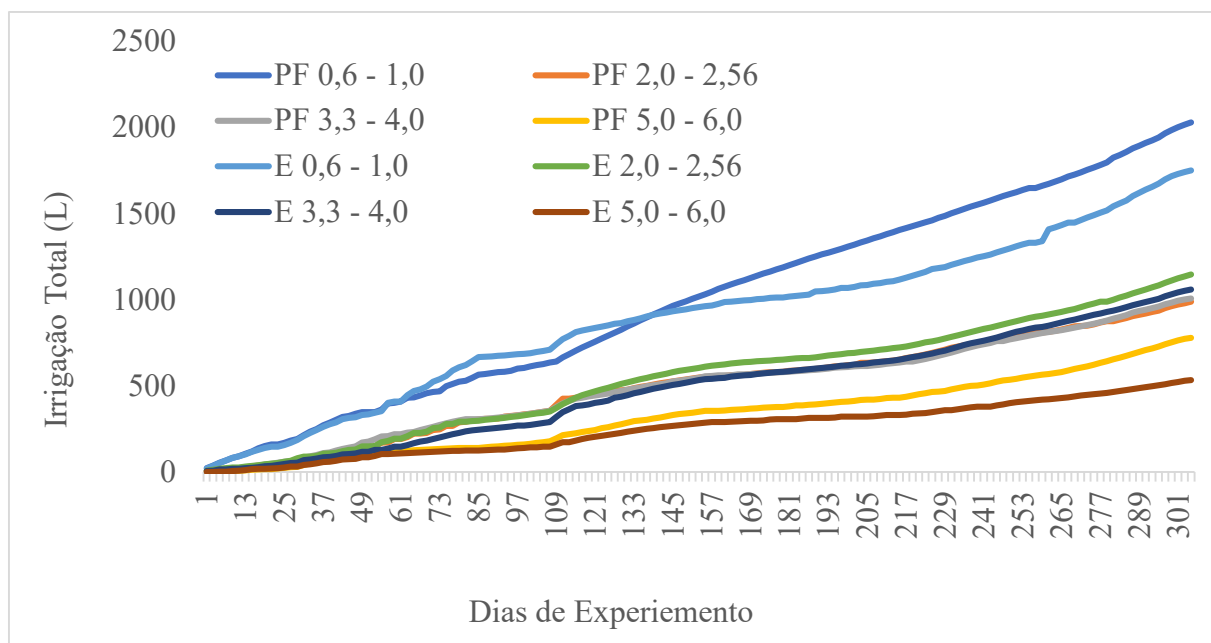


Figura 5 - Volume de água total aplicada durante o experimento. PF – Pé Franco; E – Enxertia

Ao comparar os volumes irrigados, observou-se uma menor demanda hídrica em plantas enxertadas submetidas às faixas de potenciais de -0,6 à -1,0 mca e -5,0 a -6,0 mca em relação os pés francos. No entanto, em limites intermediários, as plantas enxertadas demandaram ligeiramente mais água. Este achado sugere que o uso do *Passiflora cincinnata* Mast como porta enxerto afeta a demanda hídrica do *Passiflora edulis* Sims. em condições de elevada e baixa disponibilidade de água no solo. Estudos sobre a demanda de água em plantas enxertadas de maracujazeiro são escassos, mas pesquisas em outras culturas frutíferas indicam que a enxertia pode, não necessariamente, alterar a eficiência do uso da água, Mirada *et al.*, 2011, observaram que cafeeiros enxertados têm menor crescimento em comparação aos de pé-franco, no período de implantação da lavoura. A substituição do sistema radicular de *C. arabica* por *C. canephora* não alterou a resposta das plantas à irrigação.

Essa variação na resposta hídrica da enxertia é corroborada por diversos estudos que investigam a interação entre porta-enxertos e copas em condições de estresse. A enxertia é uma prática horticultural amplamente empregada para adaptar cultivares a ambientes desfavoráveis, incluindo aqueles com déficit hídrico e salinidade, além de conferir resistência a patógenos de solo, Souza *et al.*, (2018) demonstraram que, embora todas as espécies de *Passiflora* avaliadas fossem suscetíveis ao déficit hídrico, com reduções significativas no crescimento vegetativo, a resposta fisiológica variava consideravelmente. Por exemplo, *Passiflora gibertii* e *P. edulis* apresentaram um rápido controle estomático, enquanto *P. setacea* e *P. cincinnata* adiaram os

efeitos do estresse, mantendo condutância estomática reduzida mesmo sob irrigação Souza et al., 2018.

Lozano-Montaña *et al.*, (2021) aprofundaram essa compreensão ao descrever o comportamento isohídrico de *Passiflora edulis* Sims, que evita a perda de água através do fechamento estomático, modulação do crescimento e acúmulo de osmolitos como prolina e açúcares, além de promover o crescimento radicular. Essa estratégia de evasão ao estresse hídrico é essencial para a sobrevivência da planta, (Lozano-Montaña *et al.*, 2021). A escolha do porta-enxerto, portanto, desempenha um papel fundamental na modulação da demanda hídrica e na tolerância ao estresse. Moura *et al.*, (2020) observaram que a auto enxertia de *P. edulis* em condições salinas pode desenvolver mecanismos que atenuam os efeitos do estresse, como maior concentração interna de CO₂, impactando positivamente a qualidade dos frutos (Moura *et al.*, 2020).

No contexto do maracujazeiro, Cavichioli *et al.*, (2011) e Cavichioli *et al.*, (2022) destacam a importância da seleção do porta-enxerto. Enquanto *P. edulis* demonstrou maior compatibilidade e desempenho superior como porta-enxerto, plantas enxertadas sobre *P. gibertii* exibiram menor vigor e produtividade (Cavichioli *et al.* 2011). Adicionalmente, foi observado que intervalos de irrigação prolongados (superiores a oito dias) comprometem a fisiologia do maracujazeiro, e que a eficiência no uso da água pode ser maior em plantas propagadas por sementes em comparação com as enxertadas em *P. gibertii*, (Cavichioli *et al.* 2011). Contudo, a enxertia pode conferir maior vigor geral às mudas, dependendo do método de propagação e da combinação enxerto-porta-enxerto (Cavichioli *et al.*, 2011).

Hurtado-Salazar *et al.*, (2020) identificaram acessos de *P. edulis f. flavicarpa* e *P. tarminiana* como tolerantes ao estresse hídrico e salino, evidenciando a variabilidade genética que pode ser explorada para selecionar porta enxertos mais resilientes (Hurtado-Salazar *et al.*, 2020).

A incompatibilidade enxerto-porta-enxerto, influenciada por fatores genéticos, fisiológicos, bioquímicos e anatômicos, e a formação de uma união vascular contínua, mediada por hormônios vegetais, são aspectos críticos para o sucesso da enxertia e a subsequente resposta da planta à demanda hídrica.

As Tabelas de ANOVA (Análise de Variância) apresentadas detalham o efeito das diferentes faixas de tensões hídricas nas variáveis produtivas e morfológicas do maracujazeiro estudadas no presente experimento. As variáveis analisadas incluem Número de Frutos por planta

(NF), Produção PROD), Soma da Massa do Endocarpo (SME), Massa Média do Endocarpo (MME), Massa dos Frutos (MF), Comprimento e Diâmetro dos Frutos (CF e DF), e Massa Média dos Frutos Produzidos (MMF). A significância estatística ($p < 0,01$ para ** e $p < 0,05$ para *) e a não significância (ns) são indicadas, fornecendo uma base para a interpretação dos resultados.

Tabela 3 – Análise de variância (ANOVA) para as variáveis produção (PROD), soma da massa de endocarpo (SME), e média da massa de endocarpo (MME).

	PROD(g)			SME (g)		MME (g)	
	GL	SQ	QM	SQ	QM	SQ	QM
Tensão	3	24885002	8295000,6**	5354346	1784782**	716,8 ^{ns}	238,9
Propagação	1	129004	129004 ^{ns}	118243	118243 ^{ns}	175,9 ^{ns}	175,9
Tensão*Propagação	3	3879282	1293094 ^{ns}	1325095	441698,33 ^{ns}	1450,4 ^{ns}	483,5
Resíduo	16	18344310	1146519,4	4812825	300801,56	5236,4	327,3
Total	23	47237598	2053808,6	11610509	504804,74	7579,6	329,5
CV (%)		51,14		51,98		26,63	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) realizado pelo teste F.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) realizado pelo teste F.

ns- não significância do teste F.

Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) para as variáveis comprimento do fruto (CF), diâmetro longitudinal do fruto (DF), número de frutos colhidos (NF) e massa média de fruto por tratamento (MMF).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) realizado pelo teste F.

	CF (mm)			DF (mm)		NF		MMF (g)	
	GL	SQ	QM	SQ	QM	SQ	QM	SQ	QM
Tensão	3	140,53	46,843 ^{ns}	84262	28087,33 ^{ns}	793,79	264,60*	2703,4 ^{ns}	901,1 ^{ns}
Propagação	1	14,92	14,92 ^{ns}	0,158	0,158 ^{ns}	1,04	1,04 ^{ns}	64,4 ^{ns}	64,4 ^{ns}
Tensão*Propagação	3	115,47	38,49 ^{ns}	17058	5686	61,79	20,60 ^{ns}	2225,1 ^{ns}	741,7 ^{ns}
Resíduo	16	1131,02	70,69	147032	9189,5	831,33	51,96	19512,8	1219,55
Total	23	1401,93	60,95	24851	10804,78	1687,96	73,39	24505,7	1065,47
CV (%)		10,05		16,15		43,58		26,46	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) realizado pelo teste F.

ns- não significância do teste F.

Em contraste, o método de propagação (pé-franco vs. enxertia em *Passiflora cincinnata*) e a interação entre este fator e os níveis hídricos não apresentaram efeitos estatisticamente significativos ($p > 0,05$) sobre a produtividade geral. Isso corrobora com estudos que indicam que, embora a enxertia possa conferir resistência a doenças de solo, sua influência na produtividade sob diferentes regimes hídricos pode não ser sempre vantajosa, especialmente se o porta-enxerto não expressar plenamente mecanismos de tolerância à seca (Costa Neto., *et al.*, 2017).

Sousa *et al.* (2003) demonstraram que a produtividade do maracujazeiro amarelo é significativamente influenciada pelos níveis de irrigação, com maiores produtividades comerciais associadas a níveis ótimos de água. A faixa de -0,6 a -1,0 mca, que representa uma condição de menor estresse hídrico, permite que a planta expresse seu máximo potencial produtivo, enquanto as faixas de maior tensão (-5,0 a -6,0 mca) impõem limitações severas ao desenvolvimento e à formação dos frutos.

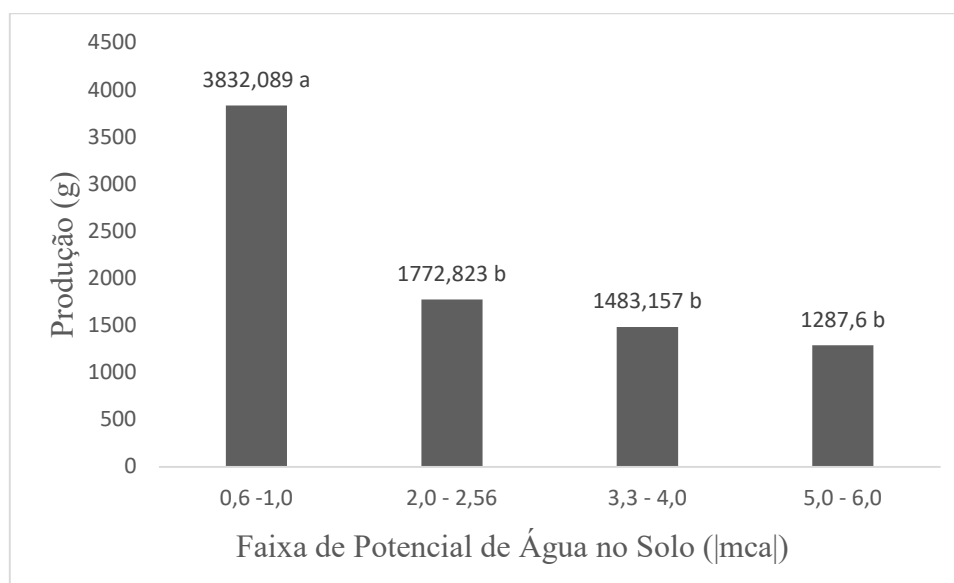


Figura 7 - Produção total (g) de fruto das plantas submetidas a diferentes limites superiores de tensão de água no solo

As plantas enxertadas em *P. cincinnata* exibiram produtividade inicial 35% superior ($5,88 \pm 0,42$ Ton/ha) às não enxertadas ($4,35 \pm 0,39$ Ton/ha) submetidas ao tratamento correspondente as faixas de potencial de água no solo de -5,0 a -6,0 mca) ($p < 0,01$; Tukey). Este resultado confirma a hipótese de maior resiliência hídrica do porta-enxerto, possivelmente associada à expressão de genes de tolerância à seca.

Lima *et al.*, (2006) estudaram as características fisiológicas das espécies *Passiflora cincinnata* Mast. e *Passiflora setáceas* Mast. durante a estação seca e Petrolina PE. Os resultados obtidos por Lima *et al.*, (2013), indicam que as espécies estudadas demonstram elevado grau de tolerância à seca, o que possibilita a manutenção da condutância estomática e, conseqüentemente, das trocas gasosas mesmo sob condições de baixo potencial hídrico.” Contudo, em faixas de potenciais menores que -4,0 mca, as plantas não enxertadas mantiveram vantagem marginal (~7%), sugerindo custo energético da enxertia em condições hídricas ótimas.

Em conforme com as expectativas, a produção total de endocarpo também segue um padrão parecido, decrescendo proporcionalmente em relação as faixas de potencial de água no solo aplicadas, Figura 8. A tensão do solo foi significativa, com a produção de polpa maior na faixa entre -0,6 à -1,0 mca (1871,41 g) e menor entre -5,0 à -6,0 mca (732,33 g). O Teste de Tukey reforça essa relação. Entretanto não foi possível afirmar qual o menor potencial de água no solo em relação a produção, pois a propagação e a interação não foram significativas, bem como houve um alto coeficiente de variação (51,98%).

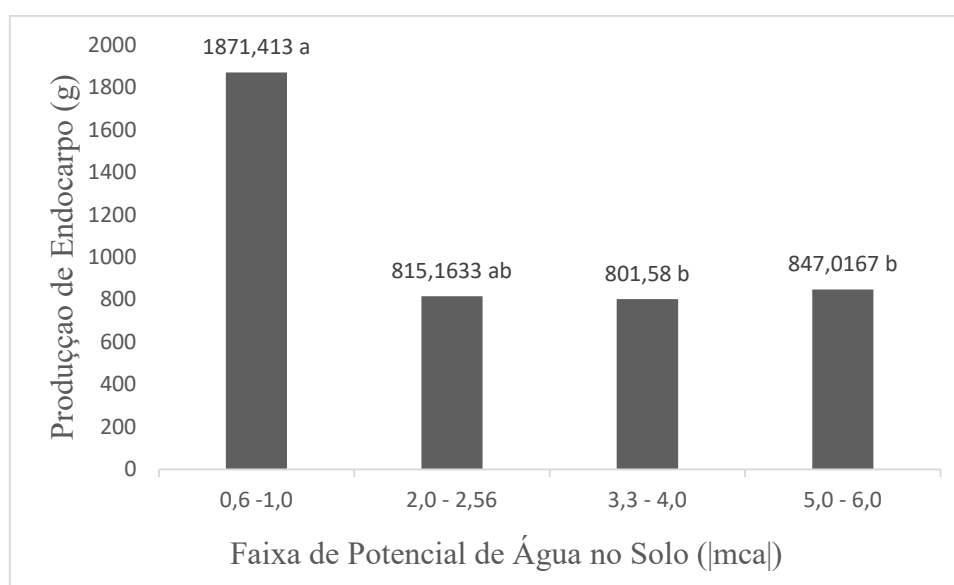


Figura 8 - Produção média Total de Polpa das duas formas de propagação.

Parte da discrepância entre os valores de massa de fruto e de massa do endocarpo do tratamento de -0,6 a -1,0 mca para -2,0 à -2,56 mca deve-se ao número de frutos colhidos durante o período do experimento, Figura 9. Houve efeito significativo da tensão ($p = 0,01155$) sobre o número de frutos, enquanto os demais fatores não mostraram significância. A média caiu de 26 frutos entre -0,6 e -1,0 mca para 11,83 na faixa de -5,0 a -6,0 mca. Os fatores de propagação e Tensão x Propagação não foram significativos.

O número de frutos, Figura 9, por planta é um componente fundamental da produtividade. Os dados indicam que a faixa de potencial de água no solo de -0,6 a -1,0 mca resultou no maior número de frutos (26 frutos), enquanto as faixas correspondentes a potenciais menores (-3,3 a -4,0 mca e -5,0 a -6,0 mca) apresentaram um número significativamente menor (10,5 e 11 frutos, respectivamente).

A faixa de -2,0 a -2,56 mca mostrou um valor de 16,33 frutos, intermediário entre as condições de menor e maior umidade constante do solo, porém sem diferenças significativas em relação ao tratamento mais úmido. Essa redução no número de frutos sob condições de estresse hídrico é um fenômeno comum em diversas culturas frutíferas. O déficit hídrico pode afetar negativamente a diferenciação floral, a polinização e a frutificação, levando a uma menor formação e retenção de frutos (Gacharia; Gumah, 1980).

A redução do potencial de água no solo desencadeia uma resposta de defesa na planta que desvia recursos da reprodução para a sobrevivência, resultando em falhas na fertilização, limitação de carbono e interrupção do crescimento celular, culminando na observada diminuição do número de frutos (Brunet., *et al*, 2025). No presente estudo, a tendência é que quanto menor o potencial de água no solo (maior estresse), menor o número de frutos como pode ser observado na Figura 9.

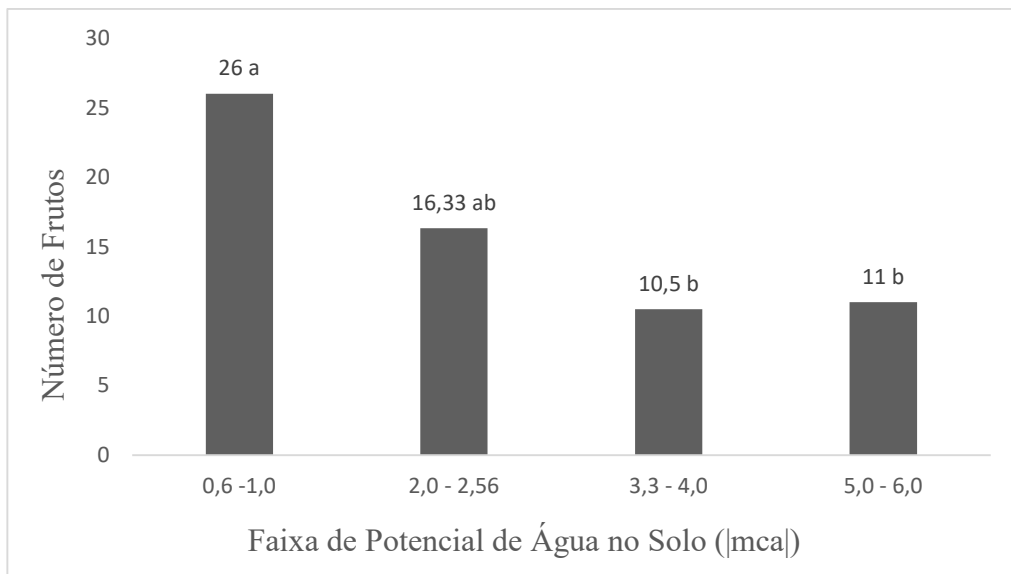


Figura 9 - Número de frutos colhidos durante o período experimental.

À vista disso, nenhum fator foi significativo para massa média dos frutos (MMF). As médias variaram entre 144,8 g e 115,40 g conforme a tensão, mas sem diferenças estatísticas

Figura 10. O coeficiente de variação foi de 26,46%, não muito alto, demonstrando que a massa média dos frutos não foi afetada nem pela irrigação ou forma de propagação.

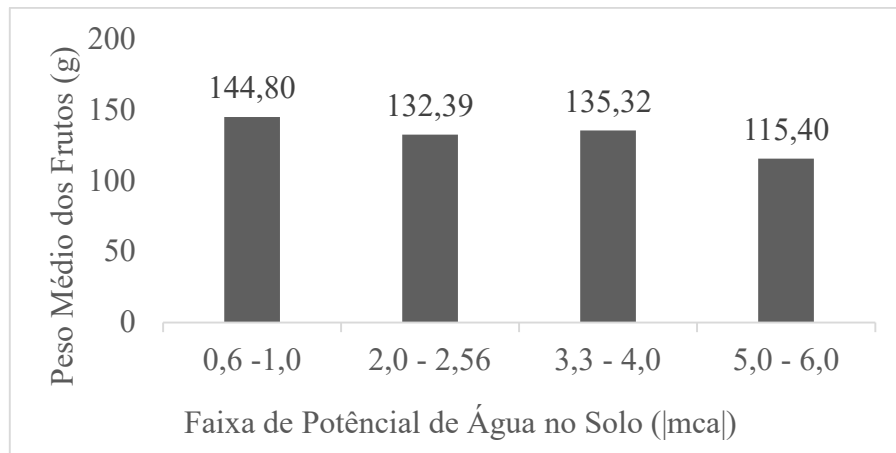


Figura 10 - Média de massa do fruto por tratamento

Ao analisar os resultados da massa média de endocarpo, Figura 11, percebe-se um comportamento não linear da massa do endocarpo em relação ao potencial de água no solo. A maior massa de endocarpo foi registrada na faixa de -3,3 a -4,0 mca (74,92738 g), seguida pela faixa de -0,6 a -1,0 mca (71,62577 g). As faixas de -2,0 a -2,56 mca e -5,0 a -6,0 mca apresentaram os menores valores, com 62,49735 g e 62,70069 g, respectivamente. Este padrão sugere que uma faixa de potencial de água no solo entre -3,3 e -4,0 mca pode, em certas condições, favorecer o desenvolvimento do endocarpo, ou que a planta pode estar alocando recursos de forma diferente sob essas condições.

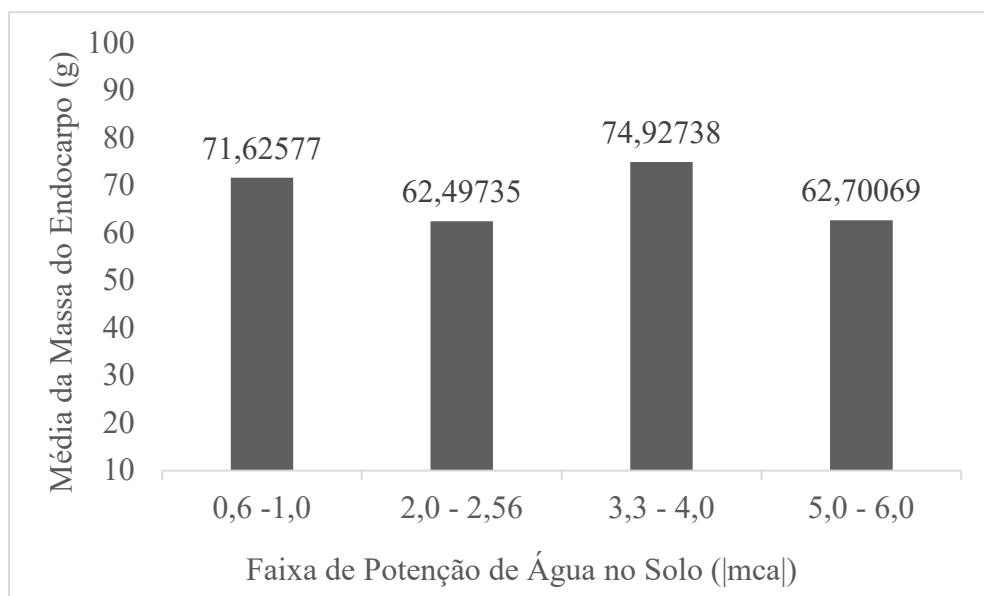


Figura 11 - Média de Massa de Polpa por Tratamento.

Entretanto, vale ressaltar que parte da diferença média de dez gramas na comparação entre a média de massa de endocarpo do pé franco e das plantas enxertadas deve-se ao fato de que em uma das repetições da planta enxertada submetida a faixa de tensão de água no solo de -2,0 a -2,56 mca produziu diversos frutos “vazios” ou com pouca polpa, provavelmente por questões genéticas da planta.

Apesar disso, a observação de uma massa de endocarpo relativamente alta na faixa de -3,3 a -4,0 mca, em comparação com a faixa de -0,6 a -1,0 mca, que é menos estressante, pode ser explicada por mecanismos de compensação ou por uma otimização na alocação de recursos nas condições de irrigação intermediária. Em alguns casos, plantas sob estresse hídrico leve a moderado podem apresentar uma maior concentração de solutos nos frutos, o que pode influenciar a massa específica do endocarpo, mesmo que o tamanho total do fruto seja ligeiramente menor. Por outro lado, o declínio acentuado da massa do endocarpo na faixa de -5,0 a -6,0 mca é consistente com os efeitos negativos do estresse hídrico severo. Nessas condições, a planta prioriza a sobrevivência, reduzindo drasticamente a alocação de recursos para o desenvolvimento reprodutivo, o que se manifesta em frutos menores e com menor massa de polpa.

A produtividade (Ton/ha) (Figura 12) e a produtividade inicial da água (Kg/m^3) (Figura 14) são respectivamente, indicadores da eficiência do uso da água pela cultura e da produção por unidade de área. Nos gráficos, a produtividade inicial, (Ton/ha) na Figura 12 segue um padrão similar ao da produção total, sendo maior na faixa de -0,6 a -1,0 mca (5,112007 Ton/ha) e diminuindo progressivamente com o aumento do estresse hídrico (chegando a 1,717672 Ton/ha para a faixa de -5,0 a -6,0 mca).

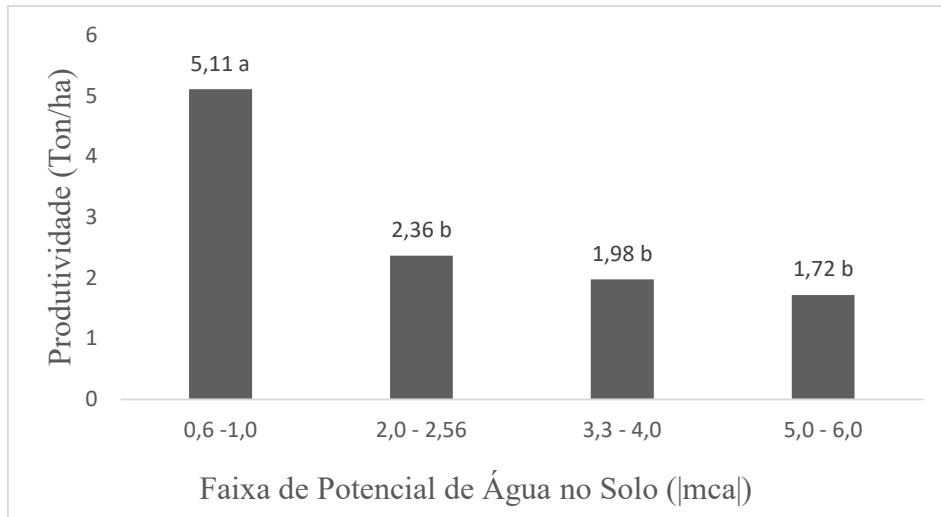


Figura 12 - Produtividade por tratamento.

Interessantemente, a produtividade da água (Kg/m^3) (Figura 13) não segue o mesmo padrão linear. A faixa de -0,6 a -1,0 mca apresenta 7,34 e 7,47 Kg/m^3 para o pé-franco e enxerto respectivamente, diminuindo para 4,1 e 1,53 em -2,0 a - 2,56 mca e 3,68 Kg/m^3 no pé-franco e 3,82 Kg/m^3 no enxerto em -3,3 a -4,0 mca. No entanto, na faixa de maior estresse (-5,0 a -6,0 mca), a produtividade da água aumenta para 2,1 Kg/m^3 no pé fraco e 7,14 Kg/m^3 no enxerto, dado similar ao tratamento que recebeu mais água. Este comportamento pode indicar que, em condições de estresse hídrico severo, a planta pode estar utilizando a água de forma mais conservadora, ou que a produção residual é alcançada com um menor consumo total de água, elevando a eficiência aparente do uso da água por unidade de produto, mesmo que a produção total seja baixa. Sousa *et al.*, 2005 discutem a eficiência do uso da água pelo maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação, reforçando a complexidade dessa relação.

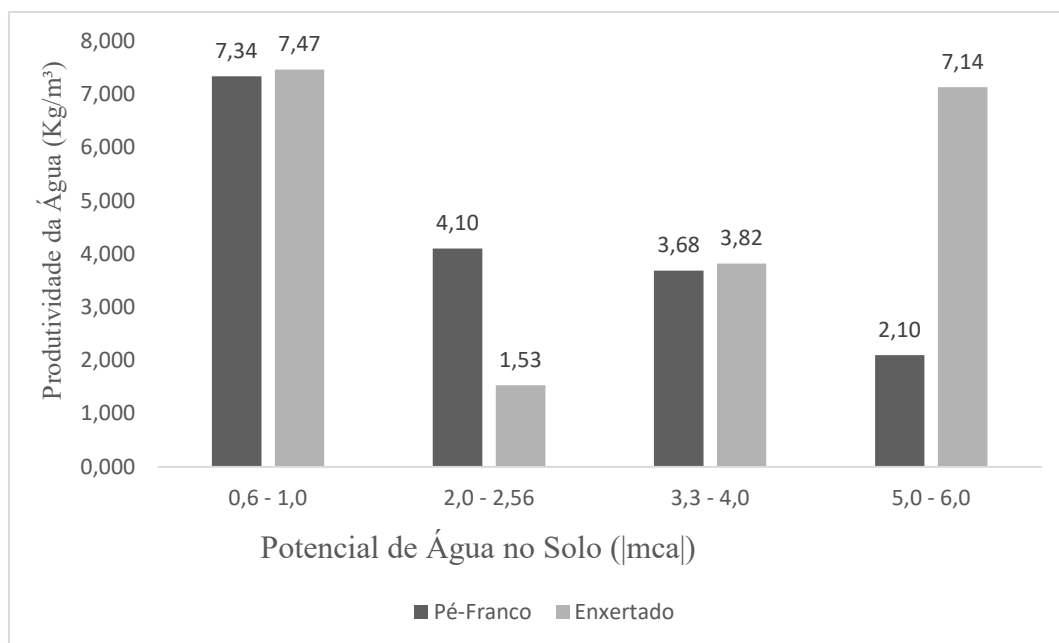


Figura 13 – Produtividade Inicial da Água.

A seguir, na Figura 14 pode-se notar as características físicas do fruto. As características morfológicas dos frutos, como comprimento, diâmetro e peso médio, são importantes indicadores da qualidade e do valor comercial.

Por meio da razão Diâmetro/Comprimento é possível saber o formato dos frutos, sendo que valores mais próximos de 1 indicam frutos redondos enquanto valores maiores indicam frutos em formato alongados. Diferenças pequenas entre os tratamentos indicam baixa variação no formato.

Para a faixa de potencial de -0,6 a -1,0 atm, os frutos provenientes das plantas enxertadas foram significativamente mais arredondados como ilustrado na Figura 15, os dois frutos foram os primeiros a serem colhidos, o da esquerda proveniente da enxertia e o da direita proveniente do pé franco, ambos submetidos a mesma faixa de tensão de água no solo.



Figura 14 - Comparação Entre os Primeiros Frutos provenientes do Pé-franco e da Enxertia (Sem escala).

Todavia, não houve diferenças significativas nos formatos dos frutos produzidos pelas plantas submetidas potenciais superiores a $-2,0$ mca. Como pode ser observado nas Figuras 15 e 16, que retratam graficamente o comprimento e diâmetro longitudinal médio, em milímetros, por fruto.

A razão comprimento/diâmetro do fruto aumentou com o estresse hídrico até a faixa de $-3,3$ a $-4,0$ mca (1,225), sugerindo que os frutos tendem a se tornar mais alongados em condições de estresse moderado, mas sem diferenças estatísticas, depois diminuiu ligeiramente na faixa de $-5,0$ a $-6,0$ mca (1,196). O peso médio dos frutos (g) foi maior na faixa de $-0,6$ a $-1,0$ mca (144,80 g) e diminuiu com o aumento do estresse hídrico, atingindo o menor valor na faixa de $-5,0$ a $-6,0$ mca (115,40 g).

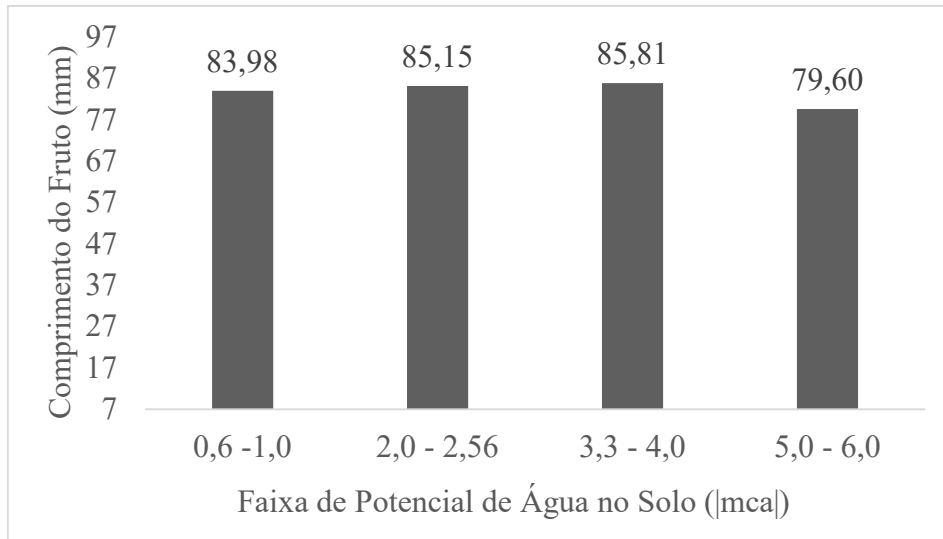


Figura 15 - Comprimento médio do fruto por tratamento.

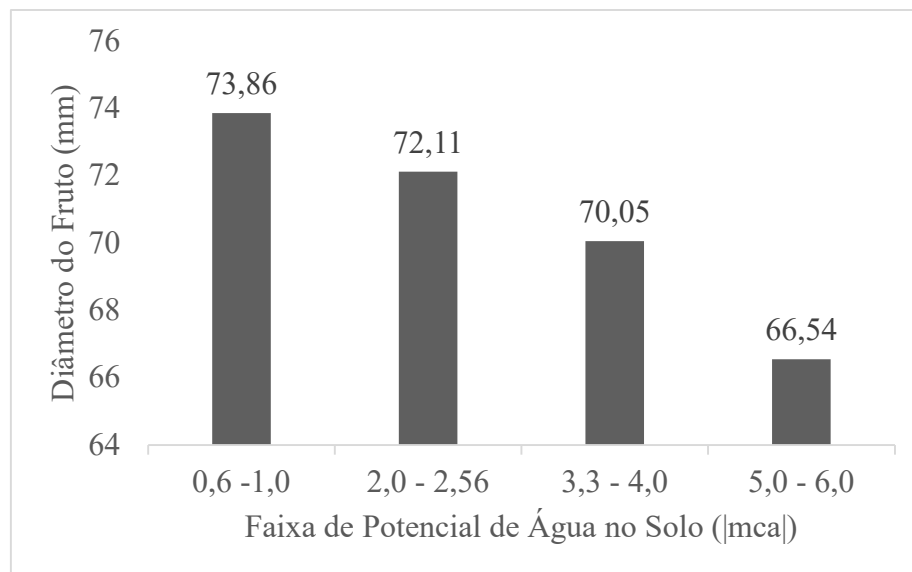


Figura 16 - Diâmetro Longitudinal médio do fruto por tratamento.

Esses resultados indicam que o estresse hídrico não apenas reduz a quantidade de frutos, mas também afeta suas características morfológicas e de massa. A diminuição do diâmetro e do peso médio dos frutos sob estresse hídrico é consistente com a literatura, que aponta que a deficiência de água limita a expansão celular e o acúmulo de biomassa nos frutos.

A variação na massa do endocarpo e na razão comprimento/diâmetro pode ser um indicativo de estratégias de adaptação da planta ou de diferentes respostas fisiológicas a níveis específicos de estresse hídrico. A qualidade físico-química dos frutos de maracujazeiro também

é influenciada por fatores como o potencial de água no solo, como discutido por Veimrober Júnior *et al.*, 2021, embora o acesso direto a este artigo tenha sido restrito.

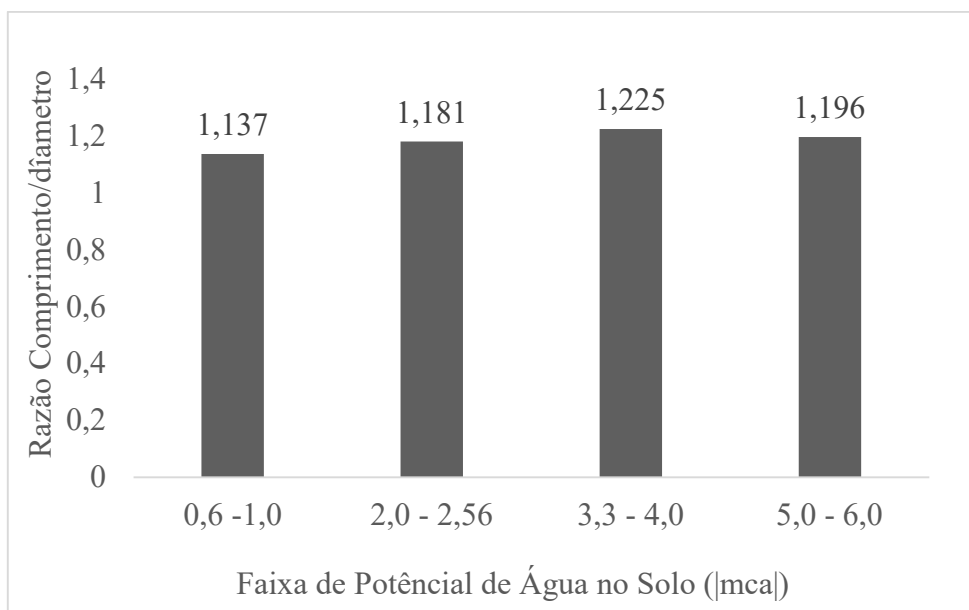


Figura 17 - Razão comprimento/diâmetros dos frutos por tratamento.

Tabela 5 - Resultados das variáveis de qualidade dos frutos.

Faixas de Potencial (mca)	Massa do endocarpo (g)	Comprimento do fruto (mm)	Diâmetro do fruto (mm)	Razão comprimento /diâmetro
0,6 - 1,0	71,62577	83,98151	73,85511	1,137
2,0 - 2,56	62,49735	85,15337	72,11413	1,181
3,3 - 4,0	74,92738	85,81249	70,05295	1,225
5,0 - 6,0	62,70069	79,60426	66,543873	1,196

4. CONCLUSÃO

A faixa de potencial de água no solo demonstrou influência significativa sobre as variáveis produtivas e morfológicas do maracujazeiro, porém não foi observada interação entre o porta-enxerto e a faixa de potencial. A condição de maior disponibilidade hídrica (-0,6 a -1,0 mca) proporcionou os melhores resultados, com produção total de 3832,09 go, produção de polpa de 1871,41 g e 26 frutos por planta. À medida que a faixa se tornou mais negativa, observou-se uma redução progressiva nestes parâmetros, com a produção total caindo para 1287,6 g e o número de frutos para 11 na faixa de -5,0 a -6,0 mca. Apesar disso, em condições de menor disponibilidade hídrica, pode-se usar a faixa de potencial de 2,00- a 2,56 mca, pois não apresentou diferença estatística em número de frutos e massa de polpa dos frutos em relação a faixa de 0,6 a 1,00 mca.

5. REFERENCIAS

BRAGA, B.; PORTO, R. L. M.; GONÇALVES, L. G. G. Afinal, quanta água temos? Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 5-12, out. 2006. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/pdf_391_-_rbrh_v.11_n.4_2006_afinal_quanta_agua_temos1.pdf. Acesso em: 17 mai. 2025.

BRUNET, J.; INOUE, D. W.; WILSON RANKIN, E. E.; GIANNINI, T. C. Global change aggravates drought, with consequences for plant reproduction. *Annals of Botany*, v. 135, n. 1-2, p. 89–104, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcae186>.

CAVICHIOLO, J. C; CORRÊA, L. S; BOLIANI, A. C; SANTOS, P. C. Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 558-566, jun. 2011.

COSTA NETO, B. P. da; BEZERRA, W. H. F; AIDAR, S. de T; CHAVES, A. R. de M; ARAUJO, F. P. de; FALEIRO, F. G. Comportamento ecofisiológico de *Passiflora cincinnata* e seu desempenho como porta-enxerto de *Passiflora edulis* sob déficit hídrico. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 12., 2017, Petrolina. Anais [...]. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. p. 200-205.

GACHARIA, M. M.; GUMAH, S. Environmental factors responsible for seasonal fluctuations in passion fruit production. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v. 45, n. 4, p. 311-315, 1980.

HURTADO-SALAZAR, ALEJANDRO, SILVA, DANIELLE FABIOLA PEREIRA DA, CEBALLOS-AGUIRRE, NELSON, OCAMPO-PÉREZ, JOHN, & BRUCKNER, CLAUDIO HORST. (2020). Promissory *Passiflora L.* species (Passifloraceae) for tolerance to water-salt stress. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 14(1), 44-49. Epub April 16, 2022. <https://doi.org/10.17584/rcch.2020v14i1.10574>

LIMA FILHO, J. M. P.; ARAÚJO, F. P. de. Caracterização fisiológica de duas espécies do gênero *Passiflora*. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 18, p. 82-89, out. 2006.

LIMA, M. DE C. Rendimento da pimenta cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 11, p. 1181 - 1187, nov. 2013.

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**, v. 275, 109655, 2021.

MAROSTEGA, T. N.; PREISIGKE, S. da C.; CHIMELLO, A. M.; GILIO, T. A. S.; ARAUJO, K. L.; BARELLI, M. A. A.; NEVES, L. G. Resistência genética a fusariose e podridão do colo em progênies interespecíficas F1 de maracujazeiro (*Passiflora* spp.). *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, p. e96091110519, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10519.

MOURA, R. S; GHEYI, H. R; SILVA, E. M; DIAS, E. A; CRUZ, C. S; COELHO FILHO, M. A. Estresse salino na fisiologia, biometria e qualidade de frutos de *Passiflora edulis* enxertado. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 3, p. 731-742, 2020.

OCAMPO, J. A.; ARIAS, J. C.; URREA, R. Interspecific hybridization between cultivated and wild species of genus *Passiflora* L. *Euphytica*, v. 209, p. 395-408, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1647-9>.

SANTOS, M. A. S.; PERES, W. L. R. Estresse hídrico na cultura do maracujá. **Scientia Generalis**, v. 2, Supl. 1, p. 93-101, 2021.

SHEHATA, S. A.; OMAR, H. S.; ELFAIDY, A. G. S.; EL-SAYED, S. S. F.; ABUARAB, M. E.; ABDELDAYM, E. A. Tomato grafting enhances tolerance to abiotic stresses by improving antioxidant activity and photosynthesis under drought and heat stress. *BMC Plant Biology*, v. 22, n. 1, p. 1-15, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12870-022-03791-7>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SOUSA, V. F; Frizzone, J, A; Folegatti. M, V; Viana, V.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**, v. 9, n. 1, p. 36-42, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/39jZ8GHXhpXXrhgBVgVCJJd/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 3 jun. 2025.

ZHAO, B. et al. Physiological response mechanism and drought resistance evaluation of *Passiflora edulis* Sims under drought stress. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, v. 93, n. 6, p. 1345-1363, 2024.