

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Recipientes biodegradáveis e podas apicais na formação e desempenho de mudas altas de maracujazeiro azedo visando a sustentabilidade da produção

Luanna Fernandes Pereira
Doctor Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

LUANNA FERNANDES PEREIRA

Recipientes biodegradáveis e podas apicais na formação e desempenho de mudas altas de maracujazeiro azedo visando a sustentabilidade da produção

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Carlos E. M. dos Santos

Coorientadora: Sylvana Naomi Matsumoto

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

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

T

P436r
2025

Pereira, Luanna Fernandes, 1995-

Recipientes biodegradáveis e podas apicais na formação e desempenho de mudas altas de maracujazeiro azedo visando sustentabilidade da produção / Luanna Fernandes Pereira. – Viçosa, MG, 2025.

1 tese eletrônica (108 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, 2025.

Referências bibliográficas: f. 69-84.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.680>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Maracujá - Reprodução. 2. Maracujá - Fisiologia.
3. Maracujá - Morfologia. I. Santos, Carlos Eduardo Magalhães dos, 1980-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
III. Título.

CDD 22. ed. 634.425

LUANNA FERNANDES PEREIRA

Recipientes biodegradáveis e podas apicais na formação e desempenho de mudas altas de maracujazeiro azedo visando a sustentabilidade da produção

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 23 de julho de 2025.

Assentimento:

Luanna Fernandes Pereira
Autora

Carlos Eduardo Magalhaes dos Santos
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pela autora em 23/10/2025 às 10:58:48 e pelo orientador em 23/10/2025 às 17:35:06. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **27N8.FJRK.9T94** e clique no botão 'Validar documento'.

A Deus por sempre guiar os meus passos; aos meus pais, Sebastião (in memoriam)
e Laudiceia; à minha avó, Judite; aos meus irmãos; ao meu companheiro Ednilson;
aos meus familiares e amigos

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir chegar até aqui, me sustentando de fé, sabedoria e coragem. A ele toda honra e toda glória.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a Pós-Graduação. Em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao meu pai Sebastião (in memoriam), meu maior amor e incentivo para progredir nos estudos, minha referência de pessoa neste mundo, dedico essa trajetória a você, sempre!

À minha preciosa avó Judite, pelas infinitas orações e por me atender nos momentos de desespero com palavras confortáveis: “Jesus te ama e eu também”. Graças a Senhora, eu consegui subir muitos degraus na minha longa jornada acadêmica. Agradeço por tudo e por tanto.

À minha amada e querida mãe e ao meu padrasto Gercino, por serem fontes de apoio e amor incondicional.

Às minhas irmãs Tayná e Tauane e aos meus irmãos de consideração: Vivia, Dilson e Júnior, por toda torcida e companheirismo! À tia Lau e tio Denilton, por me acolherem como filha e por sempre cuidarem tão bem de mim.

Ao Ednilson, meu amor e companheiro de vida, por ser o meu exemplo de honestidade, dedicação e pesquisa. Sempre acreditando em mim e me estimulando a alcançar voos cada vez mais altos. Ao lado do nosso gatinho Nino, foi minha força diária. Eu amo vocês!

A todos os meus familiares, pela torcida e por acreditarem em mim!

À minha amiga de infância, Regiane, pelas palavras doces ao longo de toda a trajetória, mesmo estando distante, sempre transmitindo energias positivas.

Ao meu orientador Carlos Eduardo e à minha coorientadora Sylvana Naomi, por toda a orientação, confiança, incentivo, palavras amigas, apoio e ensinamentos contínuos. Vocês são exemplos e fonte de inspiração. Muito obrigada pelos conhecimentos compartilhados!

Aos colegas e amigos que fiz em Viçosa, pelos momentos agradáveis de lazer.

À Keren e Bruna Monteiro, quero expressar minha gratidão, por toda ajuda concedida durante a condução dos experimentos e pela amizade.

Aos funcionários do Setor de Fruticultura (Pomar Campus e Pomar

Fundão), UEPE Aeroporto, laboratório Setor de Genética DBG e Setor de Transporte, pelo apoio técnico prestado durante a instalação, desenvolvimento e avaliações dos experimentos, sempre com todo cuidado e atenção dedicados às plantas/frutos de maracujazeiro. Vocês foram fundamentais no processo e jamais os esquecerei!

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa!

Muito obrigada!

“O máximo não se alcança fazendo o mínimo”.
(autor desconhecido)

RESUMO

PEREIRA, Luanna Fernandes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2025. **Recipientes biodegradáveis e podas apicais na formação e desempenho de mudas altas de maracujazeiro azedo visando a sustentabilidade da produção.** Orientador: Carlos Eduardo Magalhaes dos Santos. Coorientadora: Sylvana Naomi Matsumoto.

As doenças viróticas e as limitações no controle fitossanitário representam um dos principais entraves à cultura do maracujazeiro azedo, comprometendo a produtividade e longevidade das plantas. O sistema de produção, com mudas altas, é uma prática promissora, ao possibilitar o escape da contaminação por doenças nas fases iniciais em campo. No entanto, essa tecnologia ainda carece de estudos sobre a escolha do recipiente para a propagação e o manejo adequado das mudas, buscando equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e das raízes. Ajustar técnica sustentável a esta estratégia representa um avanço para a cadeia produtiva. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e morfofisiologia de mudas altas de maracujazeiro azedo produzidas em diferentes tipos de recipientes biodegradáveis, com variações na composição e altura, em comparação às sacolas plásticas de polietileno, bem como a interferência dos recipientes biodegradáveis no desenvolvimento subsequente das mudas em condições de campo e vaso. Também foi verificada a interferência da poda apical da parte aérea durante a fase de formação das mudas, quantificando alterações na morfofisiologia e no ciclo reprodutivo das plantas cultivadas tanto em ambiente protegido quanto em campo. Dessa forma, a pesquisa foi estruturada em dois capítulos, cujo estudos foram conduzidos na Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa - MG. No primeiro capítulo, foram realizados três ensaios. O Ensaio I foi conduzido em arranjo fatorial $2 \times 3 + 2$, sendo dois tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco; três alturas: 10, 20 e 30 cm, e dois tratamentos controle: sacolas plásticas de polietileno 20x10 e 28x15 cm. No Ensaio II, avaliou-se o crescimento das raízes das plantas em recipientes biodegradáveis cultivados em vaso, e no Ensaio III, a morfofisiologia das plantas em campo. Os recipientes biodegradáveis condicionaram menor crescimento inicial de mudas de maracujazeiro azedo em relação às sacolas plásticas de polietileno. O tipo marrom e altura de 30 cm, isoladamente, foram associadas a melhores parâmetros morfológicos. Apesar do menor crescimento em viveiro, após o transplante não afetou as raízes nem a fase reprodutiva. Os recipientes biodegradáveis também condicionaram maior teor relativo de água na folha no antemanhã e a razão raiz/parte aérea, sem elevar o índice de qualidade de Dickson. O segundo capítulo consistiu em três ensaios. No

Ensaio I, foram realizados diferentes níveis de poda na formação das mudas: controle (T1), desponte após a: 4ª, 7ª, 9ª e 11ª folha (T2); 7ª, 10ª, 12ª e 14ª folha (T3); 10ª, 13ª e 15ª folha (T4) e 7ª folha mais velha, 10ª e 12ª folha (T5). A poda resultou em mudas mais robustas, com aumento no diâmetro do caule. As mudas nos tratamentos T2, T3 e T5 apresentaram maior potencial hídrico foliar e razão raiz/parte aérea comparado ao tratamento controle. O tratamento T3 exibiu maior massa fresca e diâmetro das raízes. Nos Ensaios II e III, o índice de velocidade de florescimento nos tratamentos T2 e T4 foi superior ao tratamento controle, refletindo maior índice de velocidade de colheita nos primeiros 40 dias, em ambiente protegido e campo aberto. Contudo, isso não se traduziu em maior produção e produtividade na primeira safra.

Palavras-chave: ambiente protegido; morfofisiologia; precocidade reprodutiva

ABSTRACT

PEREIRA, Luanna Fernandes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2025.
Biodegradable containers and apical pruning in the formation and performance of advanced seedlings of sour passion fruit aiming at sustainable production.
Adviser: Carlos Eduardo Magalhaes dos Santos. Co-adviser: Sylvana Naomi Matsumoto.

Viral diseases and limitations in phytosanitary control represent one of the main obstacles to the cultivation of sour passion fruit, compromising plant productivity and longevity. The production system using tall seedlings is a promising practice, as it enables the avoidance of disease contamination during the initial stages in the field. However, this technology still lacks studies regarding the choice of propagation containers and appropriate seedling management to achieve a balance between shoot and root growth. Adapting sustainable techniques to this strategy represents progress for the production chain. Thus, the objective was to evaluate the growth and morphophysiology of tall sour passion fruit seedlings produced in different types of biodegradable containers, varying in composition and height, in comparison to polyethylene plastic bags, as well as the influence of biodegradable containers on the subsequent development of the seedlings under field and pot conditions. The influence of apical pruning during the seedling formation stage was also examined, measuring changes in morphophysiology and the reproductive cycle of plants grown both in a protected environment and in the field. Thus, the research was structured into two chapters, with the studies conducted at the Federal University of Viçosa, Viçosa Campus – MG. In Chapter One, three trials were carried out. Trial I was conducted in a $2 \times 3 + 2$ factorial arrangement, involving two types of biodegradable container materials in brown and white colors; three heights: 10, 20, and 30 cm; and two control treatments: polyethylene plastic bags of 20x10 cm and 28x15 cm. Trial II evaluated root growth of plants cultivated in biodegradable containers in pots, and Trial III assessed the morphophysiology of plants in the field. Biodegradable containers led to reduced initial growth of sour passion fruit seedlings compared to polyethylene plastic bags. The brown type and 30 cm height, individually, were associated with better morphological parameters. Despite the reduced nursery growth, after transplanting there was no negative effect on root development or the reproductive phase. Biodegradable containers also resulted in higher relative leaf water content before dawn and increased root/shoot ratio, without improving the Dickson Quality Index. Chapter Two consisted of three trials. In Trial I, different levels of apical pruning were applied during seedling formation: control (T1), pruning after the emergence of the 4th, 7th, 9th, and 11th

leaf (T2); 7th, 10th, 12th, and 14th leaf (T3); 10th, 13th, and 15th leaf (T4); and the 7th oldest, 10th, and 12th leaf (T5). Pruning resulted in more robust seedlings, with increased stem diameter. Seedlings in treatments T2, T3, and T5 showed higher leaf water potential and root/shoot ratio compared to the control. Treatment T3 exhibited greater fresh root mass and root diameter. In Trials II and III, the flowering speed index in treatments T2 and T4 was higher than the control, reflecting a higher harvest speed index within the first 40 days, both in a protected environment and in the open field. However, this did not translate into greater yield or productivity in the first harvest.

Keywords: protected environment; morphophysiology; reproductive precocity

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO 1 - MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO AZEDO PRODUZIDAS EM RECIPIENTES BIODEGRADÁVEISS E SACOLAS DE POLIETILENO, E SEU DESEMPENHO POSTERIOR EM CONDIÇÕES DE VASO E CAMPO.....	20
RESUMO.....	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 Caracterização do local de estudo	23
2.2 Ensaio I. Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo em função de diferentes alturas de recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno	25
2.2.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	25
2.2.2 Instalação e condução do experimento.....	27
2.2.3 Análises morfológicas.....	28
2.2.4 Análises fisiológicas.....	29
2.3 Ensaio II. Desenvolvimento radicular de plantas de maracujazeiro azedo produzidas em recipientes biodegradáveis em condições de vaso.....	31
2.3.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	31
2.3.2 Instalação e condução do experimento.....	31
2.3.3 Análises morfológicas do sistema radicular.....	32
2.4 Ensaio III. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em campo provenientes de mudas altas produzidas em recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno.....	33
2.4.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	33
2.4.2 Instalação e condução do experimento.....	33
2.4.3 Análises morfofisiológicas.....	34
2.4.4 Avaliação do sistema radicular	35
2.5 Análise estatística.....	36
3. RESULTADOS.....	36

3.1 Ensaio I. Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo em função de diferentes alturas de recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno	36
3.2 Ensaio II. Desenvolvimento radicular de plantas de maracujazeiro azedo produzidas em recipientes biodegradáveis em condições de vaso.....	44
3.3 Ensaio III. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em campo provenientes de mudas altas produzidas em recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno.....	47
4. DISCUSSÃO.....	51
5. CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CAPÍTULO 2 - PODA DA PARTE AÉREA EM MUDAS ALTAS DE MARACUJAZEIRO AZEDO VISANDO QUALIDADE DE MUDAS E PRECOCIDADE REPRODUTIVA.....	63
RESUMO.....	63
1. INTRODUÇÃO.....	64
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	66
2.1 Caracterização do local de estudo	66
2.2 Ensaio I. Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo (<i>Passiflora edulis</i>) em função de diferentes tratamentos de podas da parte aérea.....	68
2.2.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	68
2.2.2 Instalação e condução do experimento.....	70
2.2.3 Análises morfológicas.....	71
2.2.4 Análises fisiológicas	72
2.3 Ensaio II e Ensaio III. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em ambiente protegido e em campo aberto a partir de mudas altas submetidas a diferentes tratamentos de podas da parte aérea	73
2.3.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	73
2.3.2 Instalação e condução do experimento.....	73
2.3.3 Análises morfológicas.....	74
2.3.4 Qualidade físico-química dos frutos.....	75

2.4 Análise estatística.....	75
3. RESULTADOS.....	76
3.1 Ensaio I. Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo (<i>Passiflora edulis</i>) em função de diferentes tratamentos de podas da parte aérea.....	76
3.2 Ensaio II. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em ambiente protegido a partir de mudas altas submetidas a diferentes tratamentos de podas da parte aérea	81
3.3 Ensaio III. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em campo aberto a partir de mudas altas submetidas a diferentes tratamentos de podas da parte aérea	85
4. DISCUSSÃO.....	88
5. CONCLUSÕES.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
APÊNDICES	102
CONSIDERAÇÕES FINAIS	107

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do maracujazeiro apresenta elevado potencial de crescimento em razão de sua importância econômica e social, devido à demanda do mercado de frutas e produtos derivados (Santos-Jiménez et al., 2022). Esse cultivo é especialmente relevante no contexto da agricultura familiar, por contribuir para a geração de renda e a promoção da segurança social (Santos et al., 2017). Dentre as espécies, destaca-se *Passiflora edulis* Sims (maracujazeiro azedo), amplamente cultivado, com o Brasil ocupando a posição de maior produtor e consumidor mundial, tanto de frutas *in natura* quanto de produtos processados (Fonseca et al., 2022). Essa predominância está associada às condições climáticas favoráveis do país, sobretudo clima tropical com alta luminosidade, que cooperam para o cultivo da cultura (Antunes et al., 2022).

No ano de 2023, a produção brasileira de maracujá alcançou 711.278 t, com produtividade média de 15,54 t ha⁻¹, em uma área plantada de aproximadamente 45.761 hectares. As regiões Nordeste e Sudeste se destacaram como os principais polos produtivos, contribuindo com 71,1% e 11,1% da produção nacional, respectivamente. O estado de Minas Gerais ocupou a quarta posição no ranking de produção, com um volume de 32.113 t e produtividade média de 19,67 t ha⁻¹, superando a média nacional (IBGE, 2025). No entanto, essa produção ainda se encontra abaixo do potencial produtivo estimado da cultura, que varia entre 30 a 70 t ha⁻¹ (Souza et al., 2018). De modo geral, no Brasil, a baixa produtividade está relacionada principalmente a problemas fitossanitários e a um manejo inadequado dos pomares (Jesus et al., 2022). Soma-se a isso a limitação produtiva decorrente de problemas relacionados ao material propagativo, com destaque para a baixa qualidade das mudas, sistemas ultrapassados ou em fase de declínio, o que compromete o vigor inicial das plantas, a uniformidade do plantio.

Uma das principais vertentes para o sucesso na implantação de uma lavoura comercial de maracujazeiro reside na qualidade das mudas. É essencial que as mudas apresentem características intrínsecas que garantem um bom desempenho após o transplante, como perfeitas condições fitossanitárias, ou seja, ausência de pragas e doenças (Dias et al., 2022), qualidade fisiológica e genética de sementes (Faleiro et al., 2019), bom desenvolvimento do sistema radicular, crescimento balanceado entre parte aérea e as raízes, entre outros. Esses critérios são essenciais

para proporcionar maior tolerância às condições de campo, contribuindo para o bom estabelecimento das plantas mesmo em face de possíveis adversidades ambientais.

Nos últimos anos, a utilização de mudas de maracujazeiro de maior porte, tecnicamente denominadas mudas altas ou “mudão”, com altura variando entre 1,0 e 1,8 m, tem se mostrado eficaz no escape a virose do endurecimento dos frutos nas fases de maior vulnerabilidade. Esse efeito está associado à maior rusticidade dessas mudas, que apresentam um período juvenil mais curto em comparação às mudas convencionais, geralmente com cerca de 30 cm de altura. A fase juvenil é caracterizada por maior vulnerabilidade à infecção por patógenos (Faleiro et al., 2019), e sua redução pode minimizar o tempo de exposição da planta às condições adversas no campo, reduzindo a ocorrência de infecções precoces. Além disso, o uso de mudas altas também possibilita a antecipação da colheita, favorecendo a comercialização durante os meses de maior demanda por suco (Faleiro et al., 2019) e podendo, ainda, contribuir para o aumento da produtividade (Petry et al., 2019). No entanto, o manejo adequado dessas mudas altas de maracujazeiro ainda carece de maiores estudos, principalmente em relação à melhoria das técnicas de propagação e às etapas subsequentes do desenvolvimento das plantas.

Em virtude do porte das mudas altas de maracujazeiro, torna-se necessária a utilização de recipientes com maior volume em comparação aos utilizados para mudas convencionais, a fim de promover o adequado crescimento do sistema radicular durante o período de viveiro e favorecer o estabelecimento das plantas em campo (Teixeira et al., 2021), prevenindo, assim, o enovelamento das raízes. No entanto, o uso de volumes grandes de substrato pode vir a onerar os custos de produção, além de recipientes com grandes diâmetros demandarem maior espaço físico no viveiro. Uma alternativa para contornar esse problema consiste na adoção de recipientes com menor diâmetro e maior altura, estratégia que também estimula o crescimento do sistema radicular.

O uso de recipiente biodegradável pode ser uma alternativa promissora para a produção de mudas altas de maracujazeiro. Trata-se de uma tecnologia sustentável, conhecida nos setores florestais, com diversos benefícios, como: estruturas das paredes constituídas por celulose biodegradável, o que permite o transplante das mudas diretamente com o recipiente (Santos, 2018), paredes porosas que proporcionam o crescimento livre das raízes laterais (Alfenas et al., 2009), redução de energia, mão-de-obra e contaminação ambiental (Diniz et al., 2022).

A formação de mudas altas de maracujazeiro azedo em viveiro geralmente ocorre entre quatro e seis meses, dependendo das condições climáticas da região (Zaccheo et al., 2013). O maracujazeiro apresenta rápido crescimento sob temperaturas elevadas, característica inerente à espécie (Zhao et al., 2022). O crescimento excessivo da parte aérea, associado ao aumento da área foliar, pode intensificar a taxa fotossintética e, conseqüentemente, promover maior vigor em outros tecidos, como as raízes. No entanto, quando cultivadas em recipientes de pequeno volume, a expansão radicular pode ser restringida, levando ao enovelamento das raízes e, conseqüentemente, comprometendo a qualidade final das mudas.

Devido ao crescimento contínuo e indeterminado do maracujazeiro (Silva et al., 2021), a técnica da poda de formação nas mudas pode ser uma estratégia eficaz para controlar o vigor excessivo. Essa prática promove o equilíbrio entre a parte vegetativa e o sistema radicular, favorecendo uma distribuição mais uniforme da biomassa (Dionísio et al., 2021). Além disso, a poda da haste estimula o aumento do diâmetro do caule, resultando mudas mais “rústicas”, o que facilita o manejo em viveiros (Porto et al., 2021) e o transporte para o campo (Menezes Júnior, Vieira Neto, Kurtz, 2013). A técnica também tem sido associada a uma maior precocidade reprodutiva das plantas após o transplântio (Gioppato e Dornelas, 2021).

Diante do exposto, para que o uso de mudas altas seja uma estratégia plenamente eficiente e viável, é imprescindível o desenvolvimento de protocolos técnicos adequados, que envolvam desde a escolha do recipiente e substrato até práticas como a poda de formação. O uso de recipientes biodegradáveis e o controle do crescimento vegetativo por meio da poda representam inovações sustentáveis e de baixo impacto ambiental, com potencial para otimizar a qualidade morfológica e fisiológica das mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, Editora UFV, 2009, 500 p.
- ANTUNES, L. F. S.; VAZ, A. F. de S.; MARTELLETO, L. A. P.; LEAL, M. A. de A.; ALVES, R. dos S.; FERREIRA, T. dos S.; RUMJANEK, N. G.; CORREIA, M. E. F.; ROSA, R. C. C.; GUERRA, J. G. M. Sustainable organic substrate production using millicompost in combination with different plant residues for the cultivation of *Passiflora edulis* seedlings. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, p. 1-13, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102612>
- DIAS, D. R.; VALE, B. S. C. do; SANTANA, J. A. do V.; SALLES JUNIOR, J. R. Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes níveis de irrigação e formulações de substrato. **Nativa**, v. 10, n. 1, p. 102-108, 2022. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i1.12330>
- DINIZ, P.; WERNECK, D.; FREITAS, A.; SANTOS, G. dos; VALVERDE, S.; NASCIMENTO, R. **Sistema ellepot: novo paradigma tecnológico para a silvicultura mundial**. Revista Campo & Negócios. 61. ed. 2022, 40 p.
- DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; ALMEIDA, M. J. S.; ROCHA, T. D. S.; CORVERA, R. Effects of pruning and recipient volume on seedlings' quality of *Bertholletia excelsa* bonpl. (Lecythidaceae). **European Academic Research**, v. 9, n. 2, p. 1198-1212, 2021.
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. D.; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, p. 1-17, 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019155>
- FONSECA, A. M.; GERALDI, M. V.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; SILVESTRE, A. J.; ROCHA, S. M. Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): a comprehensive review on the nutritional value, phytochemical profile and associated health effects. **Food Research International**, v. 160, p. 111665, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111665>
- GIOPPATO, H. A.; DORNELAS, M. C. Plant design gets its details: Modulating plant architecture by phase transitions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 163, p. 1-14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.046>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. **Área destinada à colheita, área colhida, quantidade reduzida e valor da produção da lavoura permanente**. 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Acesso em: 11 jul. 2025.

JESUS, O. N. de; CRUZ NETO, A. J.; SOARES, T. L.; LIMA, L. K. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, A. R. Phenotypic and environmental correlations based on the physical and chemical fruit traits of *Passiflora edulis* Sims hybrids grown in different environments. **FRUITS**, v. 77, n. 2, p. 1-11, 2022. <https://doi.org/10.17660/th2022/010>

JESUS, O. N. de; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; SILVA, L. N. da; SANTOS, I. S. dos; SAMPAIO, S. R.; OLIVEIRA, E. J. de. Phenotypic diversity and alternative methods for characterization and prediction of pulp yield in passion fruit (*Passiflora* spp.) germplasm. **Scientia Horticulturae**, v. 292, p. 110573, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110573>

MENEZES JÚNIOR, F. O. G. de; VIEIRA NETO, J.; KURTZ, C. Crescimento, desenvolvimento, produtividade e perda pós-colheita da cebola em função de podas na fase de produção de mudas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 12, n. 2, p. 141-148, 2013.

PETRY, H. B.; MARCHESI, D. R.; BACK, M. M.; DELLA BRUNA, E.; SCHÄFER, G.; MELETTI, L. M. M. Produção de mudas de maracujazeiro azedo em ambiente protegido: dimensionamento e manejo do ambiente de produção. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 32, n. 3, p. 37-39, 2019. <https://doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n3.1>

PORTO, A. H.; WAGNER JÚNIOR, A. W.; GERBER, D.; O'CONNOR, P. H. P.; TOPANOTTI, L. R.; SILVA, C. D. da; BARDDAL, M. L.; CRUZ, I. Z. da; BECHARA, F. C. Top pruning on seedlings rejuvenation: a tool for nurseries in Brazilian Atlantic Forest reforestation. **Acta Biológica Catarinense**, v. 8, n. 3, p. 94-102, 2021.

SANTOS, R. A. **Qualidade de mudas clonais de Eucalyptus spp. produzidas nos sistemas Ellepot® e Tubetes**. 2018. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2018.

SANTOS, V. A. dos; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. dos R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 33-40, 2017. <https://doi.org/10.5965/223811711612017033>

SANTOS-JIMÉNEZ, J. L.; MONTEBIANCO, C. de B.; VIDAL, A. H.; RIBEIRO, S. G.; BARRETO-BERGTER, E.; VASLIN, M. F. S. A fungal glycoprotein mitigates passion fruit woodiness disease caused by *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) in *Passiflora edulis*. **BioControl**, v. 67, n. 1, p. 75-87, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10526-021-10114-6>

SILVA, É. M. da; BACCI, L.; PICANÇO, M. C.; GONRING, A. H. R.; NEVES, L. G.; SILVA, R. S. da; MARTINS, J. C. Sampling plan of *Tetranychus mexicanus* on passion fruit vines. **International Journal of Pest Management**, v. 67, n. 4, p. 269-278, 2021. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1750739>

SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N. de; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, v. 229, p. 77-90, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.019>

TEIXEIRA, E. C.; MATSUMOTO, S. N.; RIBEIRO, A. F.; VIANA, A. E. S.; TAGLIAFERRE, C.; CARVALHO, F. D.; PEREIRA, L. F.; SILVA, V. A. Morphophysiology and quality of yellow passion fruit seedlings subjected to gibberellin biosynthesis inhibition. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, e-51541, 2021. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.51541>

ZACCHEO, P. V. C.; AGUIAR, R. S. D.; STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J. Tamanho de recipientes e tempo de formação de mudas no desenvolvimento e produção de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 603-607, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200032>

ZHAO, M.; FAN, H.; TU, Z.; CAI, G.; ZHANG, L.; LI, A.; XU, M. Stable reference gene selection for quantitative real-time PCR normalization in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). **Molecular Biology Reports**, v. 49, p. 5985-5995, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07382-5>

CAPÍTULO 1

MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO AZEDO PRODUZIDAS EM RECIPIENTES BIODEGRADÁVEIS E SACOLAS DE POLIETILENO, E SEU DESEMPENHO POSTERIOR EM CONDIÇÕES DE VASO E CAMPO

RESUMO

Os recipientes biodegradáveis possuem paredes porosas que permitem a passagem das raízes, evitando o enovelamento radicular. A adoção dessa tecnologia na produção de mudas altas de maracujazeiro azedo, que permanecem por período prolongado em viveiro, pode representar um avanço ao preservar a integridade do sistema radicular e minimizar as deformações frequentemente observadas em recipientes convencionais, como as sacolas plásticas de polietileno. Objetivou-se avaliar o crescimento e morfofisiologia de mudas altas de maracujazeiro azedo produzidas em diferentes tipos de recipientes biodegradáveis, com variações na composição e altura, em comparação às sacolas plásticas de polietileno, bem como a interferência dos recipientes biodegradáveis no desenvolvimento subsequente das mudas em condições de campo e vaso. No Ensaio I, as mudas foram produzidas em arranjo fatorial $2 \times 3 + 2$, sendo dois tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco; três alturas: 10, 20 e 30 cm, e dois tratamentos controle: sacolas plásticas de polietileno 20x10 e 28x15 cm. No Ensaio II, avaliou-se o crescimento das raízes das plantas em recipientes biodegradáveis cultivadas em vaso, enquanto o Ensaio III, a morfofisiologia das plantas em campo. Os recipientes biodegradáveis condicionaram menor crescimento inicial de mudas de maracujazeiro azedo em relação as sacolas plásticas de polietileno. O tipo marrom e altura de 30 cm, isoladamente, proporcionou crescimento vigoroso. Apesar do menor crescimento em viveiro, após o transplante não afetou as raízes nem a fase reprodutiva. Os recipientes biodegradáveis também foram relacionados ao aumento do teor relativo de água foliar no antemã e a razão raiz/parte aérea, sem elevar o índice de qualidade de Dickson.

Palavras-chave: *Passiflora edulis*; porosidade; sistema radicular.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento íntegro e equilibrado do sistema radicular durante a fase de mudas é essencial para o estabelecimento pós-transplântio, assegurando a estabilidade e a produtividade das culturas (Yan et al., 2022). No setor florestal, devido ao período prolongado das mudas no viveiro, são frequentes problemas como o enovelamento das raízes, os quais têm motivado o emprego de tecnologias destinadas ao aprimoramento da arquitetura radicular, tais como diferentes tipos de recipientes e a realização de podas radiculares (Simshaw et al., 2015).

Na fruticultura, o estudo da reestruturação de recipientes com o objetivo de manter o equilíbrio do sistema radicular tem ganhado relevância nos últimos anos, principalmente quando se trata de culturas que permanecem longos períodos em viveiros (Srivastava et al., 2023; Pokhrel; Albrecht, 2024).

Na passicultura, por exemplo, o uso de mudas altas, com altura entre 1,0 e 1,8 m, tem sido adotado como estratégia para mitigar os efeitos da virose do endurecimento dos frutos (*Cowpea aphid-borne mosaic virus*), que compromete a produção das plantas (Pereira et al., 2025). Contudo, um dos principais desafios enfrentados pelos produtores é o enovelamento das raízes nos recipientes tradicionais (sacolas plásticas de polietileno), durante a permanência das mudas no viveiro que podem variar entre três e seis meses, o que pode reduzir o sucesso do estabelecimento da cultura no campo.

As sacolas plásticas de polietileno são amplamente utilizadas na produção de mudas em razão do baixo custo e ampla disponibilidade. No entanto, sua superfície lisa pode induzir o crescimento de forma espiralada das raízes e favorecer sua concentração no fundo do recipiente, o que pode ocasionar deformações no sistema radicular, comprometendo o desenvolvimento das mudas (Grossnickle; Ivetic, 2022), em alguns casos, levando ao enovelamento das raízes. Além disso, por se tratar de recipientes de uso único, essas sacolas plásticas de polietileno raramente são reutilizadas, contribuindo para o aumento da poluição plástica no meio ambiente.

Os recipientes biodegradáveis desenvolvidos pela empresa dinamarquesa Ellepot AS, têm se consolidado como uma alternativa promissora para a produção de mudas, principalmente de espécies do gênero *Eucalyptus*, já sendo uma realidade em várias empresas do setor florestal (Diniz et al., 2022). Neste trabalho, utilizamos a linha mais recente de recipientes biodegradáveis, reafirmando o potencial dessa tecnologia em

diferentes sistemas de produção. Essa tecnologia apresenta diversas vantagens, como as paredes constituídas de celulose biodegradável, que permitem o plantio direto da muda no campo com o recipiente, sem causar danos ou estresse ao sistema radicular, caracterizando-se como uma técnica altamente sustentável (Santos, 2018). Segundo Saha e Hariprasad (2022), a degradação dos recipientes biodegradáveis é fortemente influenciado por fatores como o tipo de material, umidade, temperatura, pH, atividade microbiana, entre outros atributos. Além disso, essa tecnologia contribui para a redução da mão de obra no momento do transplante (Diniz et al., 2022).

De acordo com Walter et al. (2022), a presença de maior porosidade observada em alguns recipientes biodegradáveis pode resultar em elevada perda de água, devido ao aumento da área exposta à evaporação. Embora essa característica exija uma maior demanda hídrica durante a fase de viveiro, ela também contribui para a mitigação do estresse térmico, um fator crítico para o crescimento adequado das mudas em ambientes com temperaturas elevadas (Nambuthiri et al., 2015). As paredes porosas desses recipientes permitem o crescimento e a passagem das raízes laterais (Alfenas et al., 2009), mantendo sua integridade estrutural, ao contrário dos recipientes de paredes rígidas, que tendem a restringir o desenvolvimento radicular (Freitas et al., 2005). Isso pode minimizar os problemas como enovelamento e favorecer a penetração das raízes no solo após o transplante, promovendo maior estabelecimento e produtividade da cultura (Schuermans, 2011; Santos, 2018).

Apesar do custo inicial mais elevado associado a tecnologia dos recipientes biodegradáveis, decorrente da necessidade de equipamentos específicos para o envasamento do substrato (Novaes Júnior, 2021), é possível considerar sua aplicação na propagação da cultura do maracujazeiro, especialmente na produção de mudas altas. Diversos estudos têm evidenciado o grande potencial desses recipientes na melhoria da qualidade das mudas, promovendo o aumento da biomassa, o crescimento do caule e melhorias na morfologia radicular (Viegas, 2015; Rodrigues, 2020).

Considerando que o crescimento das raízes está diretamente relacionado ao tamanho do recipiente (Silva et al., 2018), a adoção de recipientes biodegradáveis com alturas variadas e diâmetro reduzido configura-se como uma estratégia promissora para o estabelecimento de protocolos de cultivo. Essa técnica visa estimular o crescimento e o aprimoramento da arquitetura do sistema radicular, ao mesmo tempo em que facilita a logística de manejo em viveiros, otimizando o

aproveitamento de espaços limitados e reduzindo os custos de produção de mudas altas de maracujazeiro, por meio da redução do volume de substrato utilizado. De acordo com Behera et al. (2021), recipientes biodegradáveis mais altos tendem a propiciar uma distribuição mais eficiente das raízes, uma vez que limitações na altura do recipiente podem comprometer a qualidade do sistema radicular.

Neste contexto, apesar dos avanços no uso de recipientes biodegradáveis em culturas florestais, ainda são escassos os estudos relacionados ao uso dessa tecnologia na propagação do maracujazeiro, especialmente na produção de mudas altas. Diante desse cenário, torna-se relevante estudar a viabilidade técnica desses recipientes para a cultura, considerando sua crescente importância econômica. Além das vantagens associadas ao desenvolvimento radicular e ao manejo no viveiro, o uso de recipientes biodegradáveis também se destaca como uma alternativa sustentável, contribuindo significativamente para a redução do volume de resíduos plásticos descartados no meio ambiente, uma vez que o material de celulose se degrada naturalmente no solo.

Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e morfofisiologia de mudas altas de maracujazeiro azedo produzidas em diferentes tipos de recipientes biodegradáveis, com variações na composição e altura, em comparação às sacolas plásticas de polietileno, bem como a interferência dos recipientes biodegradáveis no desenvolvimento subsequente das mudas em condições de campo e vaso.

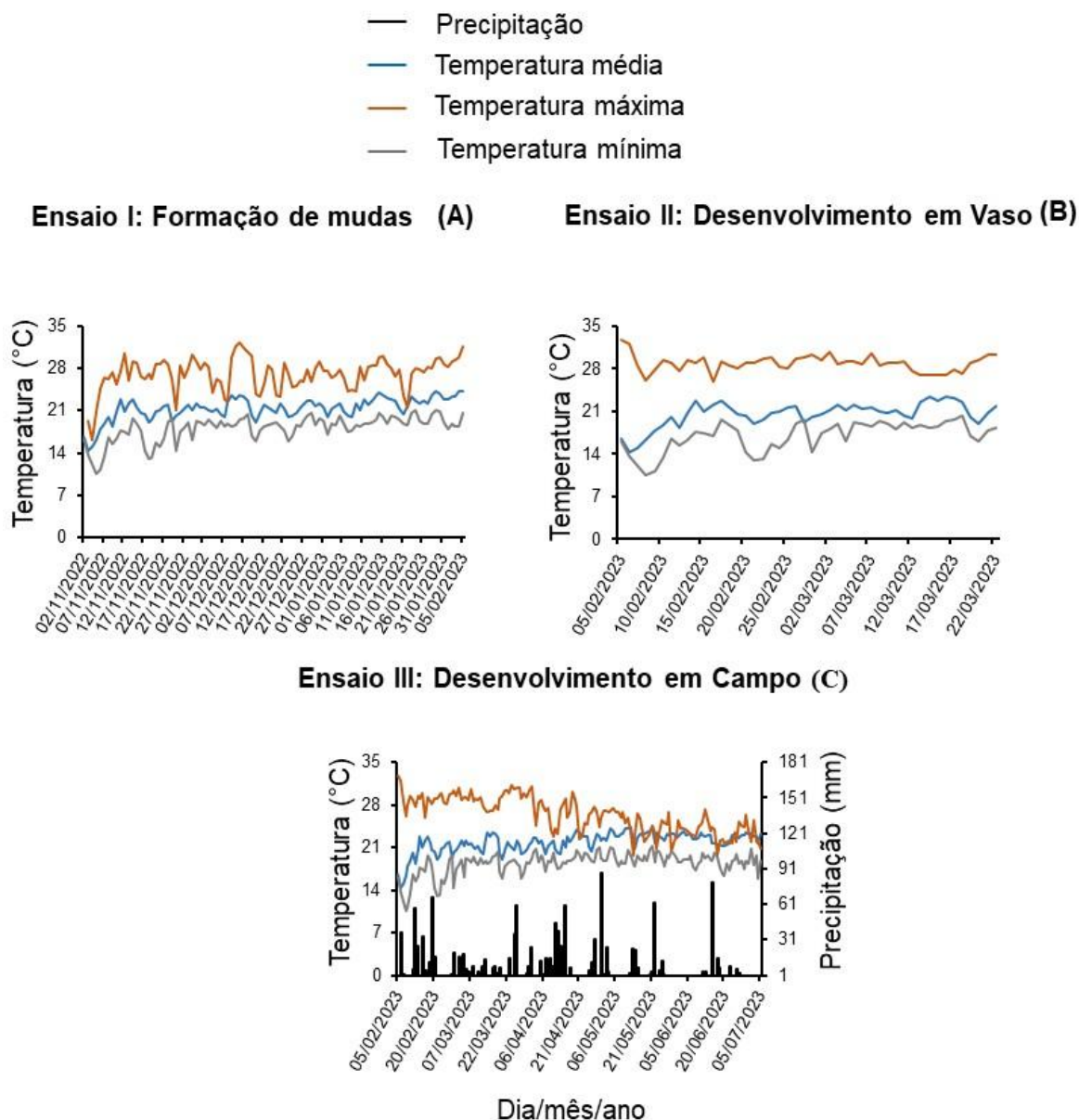
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de estudo

O estudo foi conduzido em três ensaios realizados entre novembro de 2022 a julho de 2023, na área experimental da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão/Pomar Campus, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), *Campus* de Viçosa, Minas Gerais. A unidade está localizada nas coordenadas geográficas 20°45'26" S e 42°52'08" W, a uma altitude de 648 metros. Segundo a classificação de Koppen-Geiger, a região apresenta clima do tipo Cwa (tropical de altitude), caracterizados por invernos secos e verões quentes e chuvosos (Alvares et al., 2013).

Os Ensaio I (entre 02/11/2022 e 05/02/2023) e II (entre 05/02/2023 e 22/03/2023) foram conduzidos em ambiente protegido, utilizando uma cobertura plástica de polietileno transparente, com pé direito de 3,6 m, estruturada em modelo arqueado com área total de 59,63 m² (8,9 m de comprimento x 6,7 m de largura). Devido à heterogeneidade na luminosidade e temperatura nesse ambiente, os experimentos foram realizados em delineamento experimental em blocos casualizados. O Ensaio III (entre 05/02/2023 e 05/07/2023) foi conduzido em condições de campo aberto. As informações referentes à temperatura e precipitação durante o período experimental foram descritas na Figura 1.

Figura 1- Temperatura média, mínima e máxima (°C) diária e precipitação (mm) diária acumulada, durante o período experimental (Ensaio I, II e III). (Fonte: INMET).



Fonte: elaborado pela própria autora.

2.2 Ensaio I. Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo em função de diferentes alturas de recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno

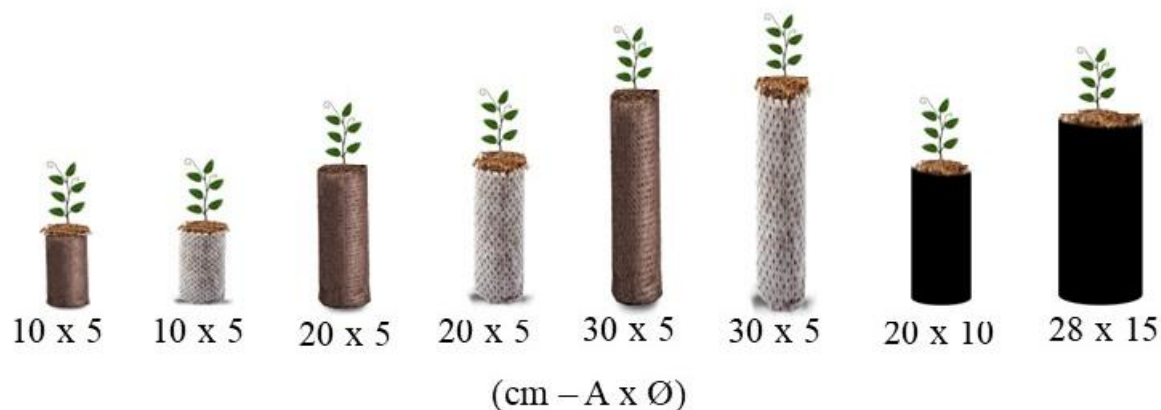
2.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, seguindo um esquema fatorial 2X3 + 2. O primeiro

fator correspondeu a dois tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco, enquanto o segundo fator foi composto por diferentes alturas do recipientes biodegradáveis: 10, 20 e 30 cm. Todos os recipientes biodegradáveis apresentavam cinco cm de diâmetro, resultando em capacidades volumétricas de 0,196, 0,392 e 0,588 L, respectivamente. Além disso, foram incluídas também dois tratamentos controle produzidos em sacolas plásticas de polietileno: a primeira com 28 cm de comprimento X 15 cm de diâmetro, capacidade de 1,8 L, e a segunda 20 cm de comprimento X 10 cm de diâmetro, capacidade de 1,5 L (Figura 2). Cada parcela experimental foi constituída por nove mudas, sendo três destinadas às avaliações morfofisiológicas na fase de muda, três para implantação do Ensaio II e três para implantação do Ensaio III.

Neste trabalho, foram utilizados recipientes biodegradáveis de formato cilíndrico, confeccionados em material biodegradável, com abertura inferior, paredes lisas e porosas. O recipientes biodegradáveis branco, também conhecido como “membrane bio”, é uma membrana de origem vegetal 100% certificada, cuja decomposição natural ocorre em mais de doze meses. Já o recipientes biodegradáveis marrom, denominado “universal 6-9”, é fabricado a partir de fibras de madeira. Além disso, apresenta uma mistura de poliéster para reforço estrutural, iniciando sua degradação natural entre seis e nove meses após o uso (Ellepot, 2023). O recipiente biodegradável branco possui poros maiores em relação ao recipiente biodegradável marrom (Figura 2).

Figura 2- Recipientes utilizados na produção de mudas altas de maracujazeiro azedo, constituindo os tratamentos estudados: altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipo de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco, e sacolas plásticas de polietileno: 20x10 cm e 28x15 cm.



Fonte: elaborado pela própria autora.

2.2.2 Instalação e condução do experimento

Foram utilizadas sementes certificadas da cultivar 'FB 200 Yellow Master', desenvolvida pelo Viveiro Flora Brasil, localizado em Araguari, Minas Gerais, uma das mais exploradas no mercado nacional. Utilizou-se recipientes biodegradáveis da marca Ellepot®, produzidos pela empresa dinamarquesa Ellepot AS.

Para a produção das mudas altas de maracujazeiro azedo, utilizou-se o substrato comercial Mec Plant® composto por casca de pinus, previamente fertilizado com 8 kg m⁻³ Basacote® Plus 3M, um fertilizante de liberação controlada composto por 16% de N, 8% de P, 12% de K, 2% de Mg, 5% de S, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,4% de Fe, 0,06% de Mn, 0,015% de Mo e 0,02% de Zn, seguindo as recomendações de Pereira et al. (2025). As sacolas plásticas de polietileno foram preenchidas manualmente com o substrato previamente fertilizado. Os recipientes biodegradáveis foram cortados na altura desejada (10, 20 e 30 cm) e preenchidos com o mesmo substrato em uma única etapa, utilizando a máquina do sistema Ellepot®, instalada no viveiro florestal da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa, Minas Gerais. Em seguida, os recipientes biodegradáveis foram organizados em bandejas para posterior semeadura.

Em 02 de novembro de 2022, foram semeadas duas sementes por recipiente, a uma profundidade de 1 cm. Os recipientes foram dispostos sobre bancadas com 4 m de comprimento por 1 m de largura, elevados a 0,7 m do chão. Após a estabilização

da emergência, aos 20 dias da semeadura, foi realizado o desbaste, mantendo-se apenas a plântula mais vigorosa por recipiente.

As mudas foram tutoradas utilizando fitilhos amarrados em arames posicionados a uma distância de 2 m acima da bancada. A irrigação foi realizada diariamente em dois turnos: início e final do dia, visando manter a umidade do substrato. Não foi realizada adubação complementar ao longo da fase de produção das mudas, pois a adubação inicial do substrato foi suficiente para garantir o desenvolvimento de mudas de qualidade por até 75 dias após a emergência.

2.2.3 Análises morfológicas

Aos 75 dias após a estabilização da emergência – DAE (05/02/2023) foram realizadas avaliações morfológicas nas mudas. A altura da haste - ALT (cm), foi medida com auxílio de uma fita métrica, e o diâmetro basal do caule – DB (mm) determinado a dois centímetros acima do nível do substrato, utilizando paquímetro digital (DC-60, Western, China). Em seguida, foram realizadas avaliações foliares. O número de folhas – NF foi determinado por contagem direta, e a área foliar total – AFT (cm²) foi mensurada através do integrador de área foliar de bancada (modelo 3100, LI-COR, USA). A área foliar específica - AFE (cm² g⁻¹) foi estimada levando em consideração a relação entre AFT e massa seca das folhas.

As folhas e os caules foram pesados separadamente em balança analítica (BEL Engineering, São Paulo, Brasil) para a obtenção dos dados de massa fresca da folha – MFF e massa fresca do caule - MFC. Em seguida, as amostras foram encaminhadas à estufa de circulação de ar forçado a 65°C (Marconi, modelo MA-035/5, São Paulo, Brasil) por um período de 72h, para obter a massa seca constante. Após a secagem, foram novamente pesados para a determinação da massa seca da folha – MSF e massa seca do caule - MSC. A massa fresca e seca da parte aérea - MFPA, MSPA (g) foram calculadas considerando o somatório entre as MFF e MFC, e as MSF e MSC, respectivamente.

O sistema radicular foi cuidadosamente lavado para a remoção do substrato de cultivo e, em seguida, pesado em balança analítica para obtenção da massa fresca – MFR (g). Posteriormente, as raízes foram acondicionadas em solução de álcool 20% e armazenadas a 10°C, visando à sua conservação até a realização das análises morfométricas por imagem. As raízes foram digitalizadas usando um scanner de raiz (Epson, XL 10000, Nagano, Japão) com cubeta com dimensões 30 cm de largura x

40 cm de comprimento. As imagens digitalizadas foram analisadas por meio do software WinRHIZO Pro 2007 (Regent Instruments Inc., Quebec, Canadá), o qual forneceu os seguintes parâmetros: comprimento total - CTR (cm), área superficial - ASR (cm²), diâmetro ponderado - DR (mm) e volume - VR (cm³). Em seguida, as raízes foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas, até atingirem peso constante, e então pesadas para a obtenção da massa seca - MSR (g). A partir desses dados, foi calculada a razão raiz/parte aérea - RRPA (g), considerando a relação entre a MSR e MSPA.

A qualidade das mudas foi ainda avaliada por meio do índice de qualidade de Dickson - IQD, conforme a equação 1 proposta por Dickson; Leaf; Hosner (1960).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{ALT}{DB} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (1)$$

2.2.4 Análises fisiológicas

Aos 75 DAE, foram avaliados o índice de coloração verde, às relações hídricas e aos pigmentos fotossintéticos das folhas. O índice de coloração verde das folhas - índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi obtido com base na média de três leituras no limbo da segunda folha completamente expandida, considerando a direção basípeta. As medições foram realizadas utilizando um medidor portátil de clorofila (SPAD 502, MINOLTA, Japão).

Em se tratando das relações hídricas, foram avaliados o potencial hídrico foliar (Ψ_w) segundo a metodologia descrita por Scholander (1964) e o teor relativo de água foliar conforme a metodologia de Catsky (1960). A análise de Ψ_w foi realizada no antemanhã (das 04:30 às 07:00 am), coletando-se a segunda folha totalmente expandida a partir do ápice. As amostras foram armazenadas em sacos zip-lock contendo papel toalha umedecido, sendo posteriormente mantidas em um recipiente térmico com gelo para preservar a integridade dos tecidos até a realização das análises (Oliveira et al., 2023). O Ψ_w foi determinado por meio de uma câmara de pressão (Modelo 3000, Soil Moisture Equipment Corp., California, Estados Unidos). Os valores obtidos, inicialmente em bar, foram convertidos para MPa para análise.

O teor relativo de água foliar (TRA) foi avaliado na terceira folha completamente expandida seguindo a direção basípeta. Foram retirados 10 discos foliares de 6 mm

com extrator de disco foliar manual, e pesados em balança analítica para determinar a massa fresca (MF). Posteriormente, os discos foram imersos em 75 mL de água deionizada dentro de béquer de 100 mL, e mantidos em uma câmara B.O.D (EletroLab®, EL 202/4, São Paulo, Brasil) a temperatura de 25°C por 24h para atingir a turgidez total. Após este período, retirou-se o excesso de água dos discos com papel toalha, e os discos foram pesados novamente para obter a massa túrgida (MT). Em seguida, os discos foram acondicionados em sacos de papel e secos em estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 72h para determinação da massa seca (MS). O TRA foi calculado utilizando-se a equação 2, e os resultados foram expressos em porcentagem.

$$TRA = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100 \quad (2)$$

A quantificação dos pigmentos fotossintéticos foi realizada conforme a metodologia modificada de Arnon (1949), que dispensa as etapas de maceração e centrifugação dos discos, como proposto por Barbieri Júnior et al. (2010). Sob condições sem incidência direta da luz, foram coletados 10 discos foliares de 6 mm do limbo foliar da primeira folha totalmente expandida, com auxílio de um perfurador. Em seguida, os discos foram pesados em balança de precisão e acondicionados em tubos de ensaio contendo 20 mL de acetona 80% (v/v). Os tubos foram revestidos com papel alumínio, tampados e vedados com filme plástico, sendo mantidos no escuro por 96h para permitir a extração dos pigmentos. Posteriormente, foram realizadas as leituras de absorbância dos extratos em espectrofotômetro (Bel, UV-M51, Monza, Itália) nos comprimentos de onda de 663 nm, 646 nm e 470 nm, correspondentes à clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, respectivamente. Para realizar a calibração do espectrofotômetro, utilizou-se acetona 80% (v/v) como “branco”. As concentrações dos pigmentos ($\mu\text{g mL}^{-1}$ do extrato) foram determinadas por meio de equações específicas, conforme descrito por Wellburn (1994) nas equações 3, 4 e 5. Considerando a massa de cada amostra e o volume de acetona utilizado, os resultados foram convertidos para expressar o teor de clorofilas e carotenoides em mg g^{-1} de massa fresca foliar.

$$\text{Clorofila A (Cl a)} = 12,21 \cdot A_{663} - 2,81 \cdot A_{646} \quad (3)$$

$$\text{Clorofila B (Cl b)} = 20,13 \cdot A_{646} - 5,03 \cdot A_{663} \quad (4)$$

$$\text{Carotenoide (Car)} = (1000 \cdot A_{470} - 3,27 \cdot \text{Cl a} - 104 \cdot \text{Cl b}) / 198 \quad (5)$$

2.3 Ensaio II. Desenvolvimento radicular de plantas de maracujazeiro azedo produzidas em recipientes biodegradáveis em condições de vaso

2.3.1 Tratamentos e delineamento experimental

Após a finalização do Ensaio I, em 5 de fevereiro de 2023, três mudas de cada parcela do respectivo ensaio, oriundas dos recipientes biodegradáveis, foram transplantadas para vasos. Este segundo ensaio teve como objetivo verificar se a composição dos recipientes biodegradáveis utilizados no Ensaio I influenciaria o desenvolvimento das raízes após o transplante, considerando um período de 45 dias, período esse ainda insuficiente para a completa degradação dos recipientes, mas considerado importante para o estabelecimento inicial das plantas.

O experimento foi conduzido em arranjo fatorial 2X3, com dois tipos de composição dos recipientes biodegradáveis (nas colorações branco e marrom) e três alturas (10, 20 e 30 cm, todos com diâmetro de cinco cm). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com três repetições e uma planta por unidade experimental.

2.3.2 Instalação e condução do experimento

As mudas foram transplantadas individualmente para vasos de polietileno com capacidade de 21 L (38,5 cm de altura x 30 cm de diâmetro superior e 20 cm de diâmetro inferior). Os vasos foram preenchidos com uma mistura composta por solo, areia e substrato comercial Mec Plant®, na proporção 2:1:1. O solo utilizado foi coletado no *Campus* da Universidade Federal de Viçosa, na profundidade de 0-20 cm. A análise química e física dessa mistura foi realizada no laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa, Minas Gerais, apresentando as seguintes características descritas na tabela 1 e 2.

Tabela 1 - Análise química de amostra do solo.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T
H ₂ O	----mg/dm ³ ----		-----cmolc/dm ³ -----						
6,29	56,4	172,0	4,01	3,70	0	2,0	8,15	8,15	10,15
	V	m	MO	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	-----%-----		dag/kg	-----mg/dm ³ -----					
	80,3	0	3,89	75,2	0,27	0,53	35,0	94,9	2,50

Para P, K, Fe, Zn, Mn e Cu foi utilizado o Extrator Mehlich⁻¹, para Ca, Mg e Al o Extrator: KCl - 1 mol/L, para B o Extrator água quente, para H + Al o Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0, para S o Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético e MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 -Walkley-Black.

Tabela 2 - Análise física de amostra do solo.

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classificação textural
-----Kg/kg-----				
0,457	0,148	0,182	0,213	Franco-Argilo-Arenosa

Areia grossa e areia fina foi determinada por peneiramento, silte e argila pelo método da pipeta - agitação lenta e a classificação textural pelo triângulo textural.

O experimento foi conduzido em sistema de espaldeira vertical, utilizando um único fio de arame liso galvanizado número 12 sustentado por estaca, posicionado a uma altura de 1,8 m em relação à superfície do vaso. As plantas foram tutoradas com fitilho em haste única até alcançarem o fio de arame. Quando a planta ultrapassou 10 cm acima do arame, foi realizada a poda apical. As duas brotações mais próximas ao fio de arame foram guiadas em direções opostas.

Durante o experimento, foi realizado o controle preventivo de pragas e doenças, seguindo as recomendações disponíveis na base de dados AGROFIT (MAPA, 2023). A irrigação foi realizada periodicamente de forma a manter a umidade adequada. As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura estabelecida por Borges e Souza (2010), no ciclo correspondente.

2.3.3 Análises morfológicas do sistema radicular

Aos 45 dias após o transplante – DAT (120 dias após a emergência), foram avaliadas as seguintes características das raízes: massa fresca (MFR) e seca (MSR) (g), comprimento total (CTR) (cm), área superficial (ASR) (cm²), diâmetro ponderado (DR) (mm) e volume (VR) (cm³). Essas avaliações foram realizadas de forma semelhante à descrita para as mudas no ensaio I, item 2.2.3.

2.4 Ensaio III. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em campo provenientes de mudas altas produzidas em recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno

2.4.1 Tratamentos e delineamento experimental

As mudas dos tratamentos provenientes do ensaio I, com 75 dias após a emergência (5 de fevereiro de 2023), foram transplantadas para o campo. O experimento foi conduzido em esquema fatorial $2 \times 3 + 2$, envolvendo dois tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações branco e marrom e três alturas (10, 20, 30 cm, com diâmetros de 5 cm), além de dois tratamentos controle representados por sacolas plásticas de polietileno nas dimensões 20x10 cm e 28x15 cm. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e três plantas por parcela. Vale destacar que as mudas produzidas nos recipientes biodegradáveis foram transplantadas juntamente com o recipiente.

2.4.2 Instalação e condução do experimento

Foram coletadas amostras de solo na área experimental da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão/Pomar Campus, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Essas amostras foram analisadas quimicamente e fisicamente no laboratório de análise de solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, localizado no *Campus* de Viçosa, Minas Gerais (Tabela 3 e 4).

Tabela 3 - Análise química de amostra do solo.

Camada	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T
cm	H ₂ O	----mg/dm ³ ----		-----cmolc/dm ³ -----						
0-20	6,31	90,2	163,0	5,30	1,08	0	2,6	6,80	6,80	9,40
20-40	6,51	28,9	80,0	4,79	0,89	0	1,8	5,89	5,89	7,69
		V	m	M.O	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
		-----%-----		dag/kg	-----mg/dm ³ -----					
0-20		72,3	0	1,82	0	0,27	8,24	152,7	84,6	12,7
20-40		76,6	0	1,08	0	0,15	7,65	80,3	110,5	7,01

Para P, K, Fe, Zn, Mn e Cu foi utilizado o Extrator Mehlich⁻¹, para Ca, Mg e Al o Extrator: KCl - 1 mol/L, para B o Extrator água quente, para H + Al o Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0, para S o Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético e MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 -Walkley-Black.

Tabela 4 - Análise física de amostra do solo.

Camada	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classificação textural
cm	-----Kg/kg-----				
0-20	0,284	0,135	0,226	0,355	Franco-Argilosa
20-40	0,264	0,142	0,201	0,393	Franco-Argilosa

Areia grossa e areia fina foi determinada por peneiramento, silte e argila pelo método da pipeta - agitação lenta e a classificação textural pelo triângulo textural.

Em fevereiro de 2023, as mudas foram transplantadas para o campo em covas com dimensões 0,4 m x 0,4 m x 0,4 m, previamente preparadas e adubadas de acordo com Borges e Souza, (2010). As adubações subsequentes foram realizadas a lanço, de forma parcelada, considerando o ciclo da cultura. O espaçamento adotado foi de 3 m entre linhas e 1,5 m entre plantas, resultando em uma população de aproximadamente 2.222 plantas ha⁻¹.

As plantas foram conduzidas em espaldeira vertical, com um fio de arame galvanizado número 12, instalado a 1,8 m de altura da superfície do solo. Os mourões de sustentação foram distribuídos a cada 6,0 m. As plantas foram tutoradas com fitilho em haste única até atingirem a altura do arame, e as brotações laterais foram constantemente removidas. Ao ultrapassarem 10 cm acima do fio, foi realizada a poda de formação por meio do desponete apical, para estimular o crescimento de ramos secundários. Em seguida, quando cada ramo secundário alcançou 75 cm, foi realizada nova poda, promovendo a emissão de ramos terciários e a formação da estrutura em “cortina”.

O controle de plantas daninhas nas entrelinhas foi realizado através de roçadeira mecânica e na região do colo das plantas por capina manual. As práticas fitossanitárias, tanto preventivas quanto curativas, seguiram as orientações disponíveis na base de dados AGROFIT (MAPA, 2023). O experimento foi conduzido em condição de sequeiro, com coincidência de estação chuvosa. Para complementar a polinização natural realizada por abelhas do gênero *Xylocopa*, foi realizada também a polinização artificial (manual) no período entre 13h00 e 17h00.

2.4.3 Análises morfofisiológicas

Foi avaliado o número de dias após o transplante necessários para que as plantas atingissem a altura 10 cm acima da altura do arame, momento em que realizou a primeira poda de formação. Aos 30 dias após o transplante - DAT no campo (105

dias após a emergência), foram realizadas avaliações de índice de coloração verde – SPAD. Aos 150 DAT (225 dias após a emergência), foram avaliadas a massa fresca e seca da parte aérea – MFPA, MSPA (g), bem como o diâmetro basal do caule – DB, utilizando todas as plantas da parcela para a avaliação. Essas avaliações foram realizadas de maneira similar às descritas para as mudas no ensaio I, item 2.2.3.

O índice de velocidade de emissão de flores – IVF foi determinado com base em contagens diárias de flores realizados no período de 24 de março a 04 de maio de 2023. Para o índice de velocidade de emissão de botões florais – IVB, as contagens foram realizadas semanalmente, entre 08 de março e 08 de maio de 2023. Ambos os índices foram calculados seguindo a metodologia de Pereira et al. (2024), conforme a equação

6:

$$IVF, IVB = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (6)$$

(6) E1, E2 e En = número de flores em plena antese (completamente aberta) ou número de botão floral na primeira, segunda, até a última contagem, respectivamente; N1, N2 e Nn = número de dias após o transplântio até primeira, segunda, até a última contagem, respectivamente.

A colheita dos frutos foi realizada diariamente quando aproximadamente 30% da superfície apresentava coloração amarela, e os frutos ainda estavam presos à planta, conforme as recomendações de Lima et al. (2022). Com base nesse critério, foi determinado o período necessário para a obtenção do primeiro fruto maduro (1º FM), considerando-se o número de dias decorridos após o transplântio das mudas no campo até a colheita do primeiro fruto de cada tratamento.

2.4.4 Avaliação do sistema radicular

Uma das finalidades do plantio das mudas em campo foi a avaliação do sistema radicular, assim como a observação da degradação do recipientes biodegradáveis aos 150 DAT (225 dias após a emergência) e o impacto no início da fase reprodutiva. Para essa etapa, foi aberta uma trincheira por tratamento, totalizando oito no estudo. A planta selecionada para avaliação foi aquela que apresentou maior uniformidade na parte aérea em comparação às demais plantas do respectivo tratamento. Dado ao número limitado de plantas avaliadas, os dados obtidos foram apenas apresentados em gráficos de barra, sem a realização de análise estatística.

Para a abertura das trincheiras, inicialmente, realizou-se a demarcação de um quadrante de 1 m² e profundidade de 80 cm. De acordo com Mendonça et al. (2021), entre 73 e 85% de todas as ramificações radiculares das plantas de maracujazeiro estão concentradas entre 15 e 45 cm de profundidade. Para abrir a trincheira, a escavação foi realizada manualmente com auxílio de uma cavadeira e aplicação de água corrente, de forma cuidadosa, visando facilitar a remoção das raízes sem causar danos estruturais. Após a escavação, as raízes foram fotografadas ainda no solo e, em seguida removidas para lavagem e posterior análise em laboratório. Os parâmetros radiculares avaliados foram: massa fresca e seca da raiz – MFR, MSR (g), número de raízes secundárias – N° Raiz (unidade), volume da raiz – VR (cm³) e diâmetro da raiz – DR (mm). O VR foi determinado pelo método do deslocamento da água, avaliando a diferença entre a quantidade de água existente e a elevação do nível da água após a imersão das raízes em proveta, conforme descrito por Costa et al. (2018). O DR foi mensurado com auxílio de paquímetro digital, a 3 cm da coifa, de acordo com Teixeira et al. (2023).

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variância (Cochran). Após a validação desses testes, foi realizada a análise de variância pelo teste F, com o objetivo de verificar os efeitos isolados, interação entre os fatores estudados e contraste entre as testemunhas e o fatorial. Em caso de significância na análise ($p < 0,05$ ou $p < 0,01$), foi realizado o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação das médias dos tratamentos de todos os ensaios (I, II, III). As análises estatísticas foram conduzidas através do Sistema AgroEstat.

3. RESULTADOS

3.1 Ensaio I. Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo em função de diferentes alturas de recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno

No presente estudo, observou-se que o NF, AFT, ALT, DB, IQD, morfologia da raiz e biomassa da parte aérea e radicular das mudas de maracujazeiro azedo foram consistentemente inferiores quando cultivadas em recipientes biodegradáveis,

considerando-se o fatorial (tipo e as alturas), em comparação com às mudas produzidas de forma tradicional, em sacolas plásticas de polietileno (Tabela 1 e 2). As mudas em recipientes biodegradáveis apresentaram reduções de 7,82 em NF, 1300,51 cm² em AFT, 131,08 cm em ALT, 1,12 mm em DB, 103,41% em IQD, 56,71 g em MFPA, 13,74 g em MSPA, 12,84g em MFR, 1g em MSR, 4061,56 cm em CTR, 909,01 cm² em ASR, 15,94 cm³ em VR e 0,07 mm em DR (Tabela 1 e 2). No que se refere à AFE, foi constatada homogeneidade entre os tratamentos controle e o fatorial (Tabela 5). Por outro lado, a RRPA apresentou valores superiores nas mudas produzidas em recipientes biodegradáveis, com incremento de 56% (Tabela 6).

Durante a fase de muda, os parâmetros morfológicos e fisiológicos avaliados foram similares entre os tratamentos controle, recipientes de polietileno com dimensões de 20x10 cm e 28x15 cm, especificamente para o DB, IQD, RRPA, DR, Car e TRA. No entanto, para os demais parâmetros analisados, o recipiente de 28x15 cm proporcionou desempenho superior das mudas (Tabela 5, 6, 7).

Ao analisar isoladamente o desempenho das mudas em função dos diferentes tipos de recipientes biodegradáveis, constatou-se que o recipientes biodegradáveis marrom foi mais promissor em relação ao branco para à AFT em 154,28 cm², à AFE em 35,15 cm² g⁻¹, ao IQD em 15,88% e ao CTR em 703,22 cm. Contudo, permaneceu semelhante ao recipientes biodegradáveis branco em relação aos demais parâmetros avaliados: NF, ALT, DB, MFPA, MSPA, MFR, ASR, VR (Tabela 5 e 6).

Em relação às diferentes alturas dos recipientes biodegradáveis, os dados obtidos foram mais expressivos. Os recipientes biodegradáveis de 30 cm de altura promoveram o desenvolvimento das mudas com maiores valores de ALT, MFR, ASR e VR. No entanto, apresentou similaridade aos recipientes biodegradáveis de 20 cm de altura para a AFT, NF, AFE, DB, MFPA, MSPA, CTR e aos de 10 cm de altura para a AFT, IQD e MSPA (Tabela 5 e 6).

As mudas produzidas em recipientes biodegradáveis de 20 cm de altura apresentaram reduções, em comparação às de 30 cm, de 36,56% em ALT, 23,10% em MFR, 29,26% em ASR e 33,12% em VR (Tabela 5 e 6). Já as mudas provenientes dos recipientes biodegradáveis de 10 cm de altura condicionaram os menores valores para os parâmetros NF, AFT, ALT, DB, IQD, MFPA, MSPA, MFR, CTR, ASR, VR, conforme era previsto (Tabela 5 e 6).

Tabela 5- Resumo da análise de variância do número de folhas – NF, área foliar total – AFT, área foliar específica – AFE, altura – ALT, diâmetro basal do caule – DB e índice de qualidade de Dickson - IQD de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar 'FB 200 Yellow Master', em resposta à altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco, e recipiente plástico de polietileno (controle): 20x10 cm e 28x15 cm, aos 75 dias após a emergência.

QUADRADOS MÉDIOS													
FV	GL	NF (unidade)		AFT (cm ²)		AFE (cm ² g ⁻¹)		ALT (cm)		DB (mm)		IQD	
Coloração (C)	1	0,29	ns	107.121,88	*	5.558,38	*	119,95	ns	0,15	ns	2,96	*
Altura (A)	2	24,2	**	122.433,66	**	2.946,21	ns	5.231,63	**	2,17	**	5,22	**
C x A	2	1,39	ns	36.600,86	ns	1.192,52	ns	13,78	ns	0,13	ns	0,98	ns
(Fatorial)	5	10,3	**	85.038,18	**	2.767,17	*	2.122,15	**	0,95	**	3,07	**
Testemunhas	1	28,2	**	1.935.324,83	**	5.874,77	*	5.618,10	**	0,008	ns	0,53	ns
Fatorial x testemunhas	1	277	**	7.610.981,98	**	478,06	ns	77.316,22	**	5,68	**	105,9	**
(Tratamentos)	7	51	**	1.424.499,68	**	2.884,10	*	13.363,59	**	1,49	**	17,4	**
Blocos	2	3,04	ns	30.991,34	ns	362,76	ns	13,71	ns	0,16	ns	0,52	ns
Resíduo	14	1,3		15.916,84		754,92		52,93		0,12		0,61	
CV (%)		9,99		17,91		17,2		8,75		7,2		13,32	
TESTE DE MÉDIA													
Fatorial		9,48	b	379,1	b	157,08	a	50,32	b	4,69	b	4,69	b
Testemunhas		17,3	a	1.679,61	a	167,39	a	181,4	a	5,81	a	9,54	a
Testemunha (20x10 cm)		15,2	b	1.111,67	b	136,1	b	150,8	b	5,77	a	9,25	a
Testemunha (28x15 cm)		19,5	a	2.247,55	a	198,68	a	212	a	5,85	a	9,84	a
Coloração (branco)		9,35	a	301,96	b	139,51	b	47,74	a	4,59	a	4,29	b
Coloração (marrom)		9,61	a	456,24	a	174,66	a	52,9	a	4,78	a	5,1	a
Altura (10x5 cm)		7,16	b	226,9	b	182,63	a	20,6	c	4	b	4,34	b
Altura (20x5 cm)		10,6	a	510,26	a	145,55	a	50,57	b	5,14	a	5,75	a
Altura (30x5 cm)		10,7	a	400,14	ab	143,07	a	79,72	a	4,92	a	3,99	b

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste "F" ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação. Média seguida por letra minúscula semelhante na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: elaborado pela própria autora.

Tabela 6- Resumo da análise de variância da e razão raiz parte área – RRPA, massa fresca da parte área e raiz – MFPA, MFR, massa seca da parte aérea e raiz – MSPA, MSR, comprimento total da raiz – CTR, área superficial da raiz – ASR, diâmetro ponderado da raiz – DR e volume da raiz – VR de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’, em resposta à altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco, e recipiente plástico de polietileno (controle): 20x10 cm e 28x15 cm, aos 75 dias após a emergência.

QUADRADOS MÉDIOS																		
FV	GL	RRPA (g)		MFPA (g)		MFR (g)		MSPA (g)		MSR (g)		CTR (cm)		ASR (cm ²)		DR (mm)		VR (cm ³)
Coloração (C)	1	0,01	*	67,64	ns	0,12	ns	2,06	ns	0,01	ns	2.225.346,72	**	27.875,14	ns	0,005	**	1,23
Altura (A)	2	0,02	**	236,8	**	83,6	**	20,2	**	0,98	**	4.356.815,38	**	228.730,39	**	0,006	**	64,34
C x A	2	0,01	*	35,39	ns	0,89	ns	0,73	ns	0,07	*	354.955,38	ns	6.641,91	ns	0,005	**	0,34
(Fatorial)	5	0,01	**	122,41	**	33,82	**	8,78	*	0,42	**	2.329.777,65	**	99.723,95	**	0,005	**	26,12
Testemunhas	1	0	ns	2.289,69	**	293,7	**	65,72	**	0,58	**	40.430.104,16	**	2.120.036,97	**	0,001	ns	696,3
Fatorial x testemunhas	1	0,09	**	14.473,35	**	745,9	**	849,29	**	4,47	**	74.233.050,88	**	3.718.407,66	**	0,02	**	1.143,87
(Tratamentos)	7	0,02	**	2.482,15	**	172,67	**	136,99	**	1,02	**	18.044.577,61	**	905.294,91	**	0,007	**	281,54
Blocos	2	0	ns	22,64	ns	7,38	ns	3,17	ns	0,05	ns	163.314,29	ns	12.551,81	ns	0,001	ns	4
Resíduo	14	0		23,8		2,27		2,96		0,01		244.917,81		11.862,38		0,0004		3,86
CV (%)		21		16,53		13		22,59		10,92		14,4		16,51		3,62		18,71
TESTE DE MÉDIA																		
Fatorial		0,25	a	15,33	b	8,36	b	4,18	b	1,01	b	2.420,94	b	432,39	b	0,59	b	6,52
Testemunhas		0,11	b	72,04	a	21,2	a	17,92	a	2,01	a	6.482,50	a	1341,4	a	0,66	a	22,46
Testemunha (20x10 cm)		0,11	a	52,51	b	14,24	b	14,61	b	1,69	b	3.886,66	b	746,98	b	0,65	a	11,69
Testemunha (28x15 cm)		0,1	a	91,58	a	28,23	a	21,23	a	2,32	a	9.078,33	a	1.935,83	a	0,68	a	33,23
Coloração (branco)				13,39	a	8,28	a	3,84	a			2.069,33	b	393,03	a			6,25
Coloração (marrom)				17,27	a	8,45	a	4,52	a			2.772,55	a	471,74	a			6,78
Altura (10x5 cm)				8,26	b	4,35	c	2,14	b			1.500,66	b	233,04	c			3,23
Altura (20x5 cm)				20,26	a	9,02	b	5,7	a			2.579,50	a	440,85	b			6,54
Altura (30x5 cm)				17,47	a	11,73	a	4,69	ab			3.182,66	a	623,26	a			9,78

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste “F” ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação. Média seguida por letra minúscula semelhante na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: elaborado pela própria autora.

Foram avaliados parâmetros relacionados à bioquímica e fisiologia das mudas, como índice SPAD, teores de clorofila *a*, *b* e total (*a* + *b*), carotenoides, potencial hídrico foliar (ψ_w) e teor relativo de água foliar (TRA). Os tratamentos controle apresentaram valores superiores para a quase totalidade desses parâmetros, com exceção do TRA, em comparação com os valores apresentados pelas mudas em recipientes biodegradáveis (tipo+altura). O ψ_w foi 0,15 MPa maior nos tratamentos controle, enquanto o TRA apresentou redução de 14,24% nas mudas (Tabela 7).

Em relação ao tipo do recipiente biodegradável, observou-se que o recipiente biodegradável marrom teve efeito mais expressivo sobre os pigmentos fotossintéticos quando comparado ao recipiente biodegradável branco. Especificamente, os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total foram superiores no recipiente biodegradável marrom, com incrementos de 0,39 (35,13%) para clorofila *a*, 0,10 (28,57%) para clorofila *b* e 0,50 (34,01%) para clorofila total. O índice SPAD também apresentou elevação de 11,49%, embora com menor magnitude em relação aos pigmentos fotossintéticos. Por outro lado, os teores de carenoide e TRA foram semelhantes entre os dois tipos de recipientes biodegradáveis (branco e marrom) (Tabela 7).

Em relação à altura dos recipientes biodegradáveis, não foram observadas diferenças para os pigmentos fotossintéticos nem para o índice SPAD. No entanto, a altura influenciou o TRA, sendo os menores valores registrados em mudas cultivadas em recipientes biodegradáveis de 30 cm de altura, que se mantiveram similares àquelas provenientes dos recipientes com 20 cm de altura (Tabela 7).

Tabela 7- Resumo da análise de variância do índice de cor verde – SPAD, clorofila *a*, *b*, *a+b* – *cl a*, *cl b*, *cl a+b*, carotenoide- Car, potencial hídrico foliar - ψ_w e teor relativo de água foliar – TRA de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar 'FB 200 Yellow Master', em resposta à altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco, e recipiente plástico de polietileno (controle): 20x10 cm e 28x15 cm, aos 75 dias após a emergência.

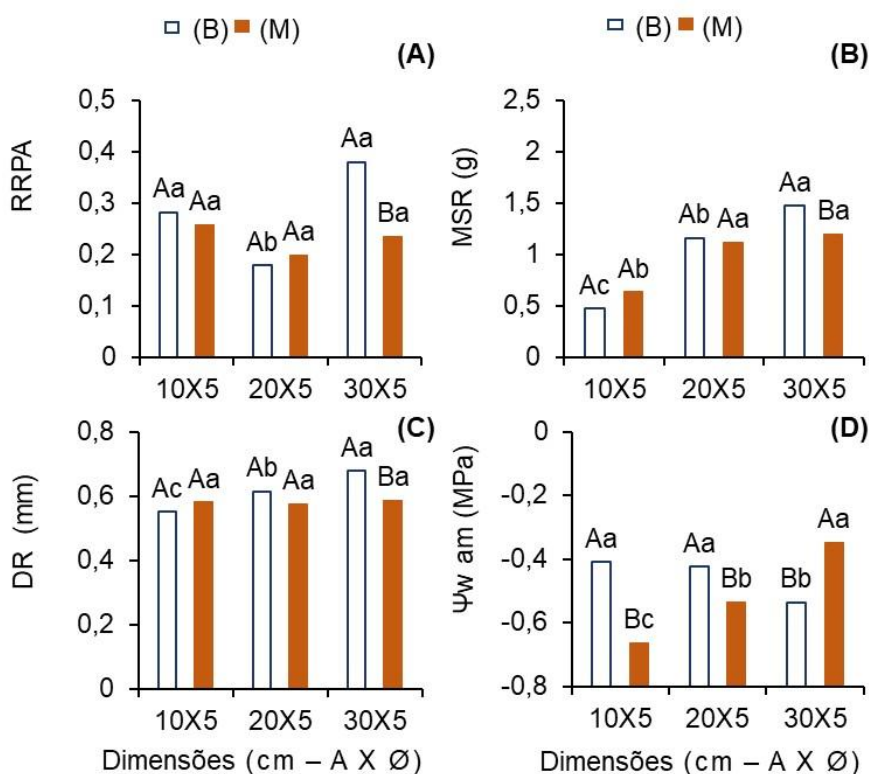
QUADRADOS MÉDIOS															
FV	GL	SPAD		Cl <i>a</i> (mg g ⁻¹)		Cl <i>b</i> (mg g ⁻¹)		Cl <i>a+b</i> (mg g ⁻¹)		Car (mg g ⁻¹)		Ψ_w (MPa)		TRA (%)	
Coloração (C)	1	74,8	**	0,68	*	0,053	**	1,12	**	0,07	ns	0,01	*	17,55	ns
Altura (A)	2	2,56	ns	0,18	ns	0,01	ns	0,29	ns	0,02	ns	0,01	**	178,5	**
C x A	2	20,1	ns	0,12	ns	0,008	ns	0,19	ns	0,01	ns	0,07	**	99,55	ns
(Fatorial)	5	24	*	0,26	*	0,01	*	0,41	**	0,03	ns	0,03	**	114,7	ns
Testemunhas	1	252	**	0,88	**	0,05	**	1,38	**	0,03	ns	0,04	**	78,8	ns
Fatorial x testemunhas	1	204	**	1,58	**	0,13	**	2,64	**	0,16	**	0,1	**	684,9	**
(Tratamentos)	7	82,3	**	0,53	**	0,04	**	0,87	**	0,04	*	0,04	**	191,1	**
Blocos	2	34,7	*	0,02	ns	0,004	ns	0,01	ns	0,006	ns	0,02	**	41,77	ns
Resíduo	14	7,24		0,07		0,004		0,08		0,01		0,001		42,3	
CV (%)		7,65		26,04		19,37		20,8		31,8		9,54		7,79	
TESTE DE MÉDIA															
Fatorial		33,5	b	0,92	b	0,3	b	1,22	b	0,36	b	-0,48	b	86,53	a
Testemunhas		40,2	a	1,51	a	0,47	a	1,99	a	0,55	a	-0,33	a	74,2	b
Testemunha (20x10 cm)		33,7	b	1,13	b	0,38	b	1,51	b	0,48	a	-0,42	b	77,82	a
Testemunha (28x15 cm)		46,6	a	1,9	a	0,57	a	2,47	a	0,63	a	-0,28	a	70,57	a
Coloração (branco)		31,4	b	0,72	b	0,25	b	0,97	b	0,3	a			87,52	a
Coloração (marrom)		35,5	a	1,11	a	0,35	a	1,47	a	0,43	a			85,55	a
Altura (10x5 cm)		34,1	a	0,73	a	0,25	a	0,99	a	0,3	a			92,72	a
Altura (20x5 cm)		32,8	a	0,93	a	0,31	a	1,25	a	0,36	a			84,48	ab
Altura (30x5 cm)		33,5	a	1,09	a	0,34	a	1,43	a	0,43	a			82,41	b

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste "F" ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação. Média seguida por letra minúscula semelhante na coluna a não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: elaborado pela própria autora.

Ao analisar a interação entre o tipo e altura dos recipientes biodegradáveis, observou-se que o recipiente biodegradável branco de 30 cm de altura promoveu maiores valores de RRPA, MFR e DR, além de um menor ψ_w , tanto em comparação ao recipiente biodegradável marrom na mesma altura quanto em relação às demais alturas do recipiente biodegradável branco (10 e 20 cm), especificamente para os parâmetros MFR e DR.

Nas alturas de 20 e 10cm, os recipientes biodegradáveis branco e marrom apresentaram resultados semelhantes para os parâmetros acima, com exceção do ψ_w , que foi superior nas mudas produzidas no recipiente biodegradável branco. Por outro lado, o recipiente biodegradável marrom proporcionou maior acúmulo de MSR nas alturas de 20 e 30 cm, sendo que as mudas formadas no recipiente biodegradável de 30 cm apresentaram também maiores valores de ψ_w (Figura 3).

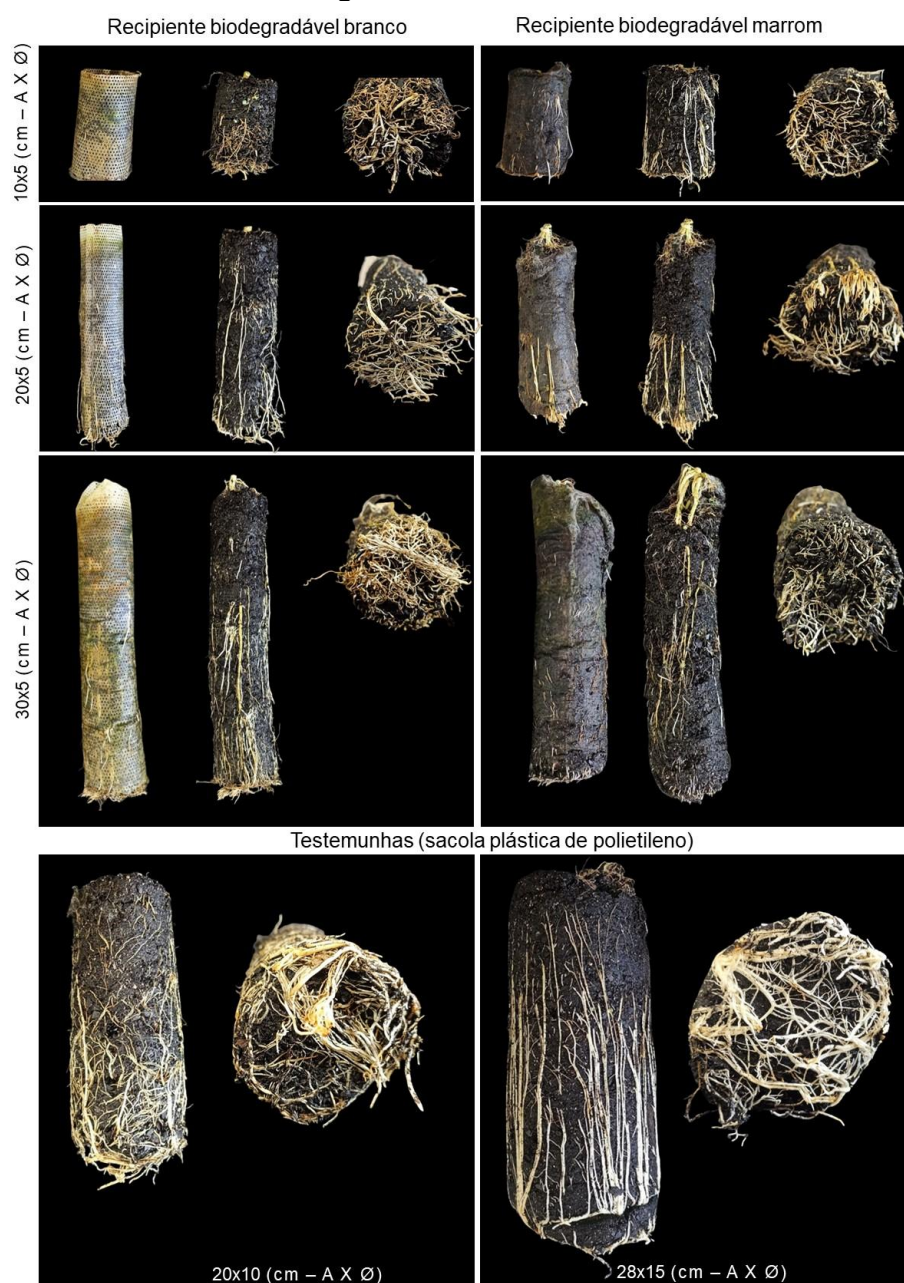
Figura 3- Características morfofisiológicas de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar 'FB 200 Yellow Master', em resposta à altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom (M) e branco (B), aos 75 dias após a emergência. (A): razão raiz parte aérea – RRPA; (B): massa seca da raiz – MSR; (C): diâmetro da raiz – DR e (D): potencial hídrico foliar - ψ_w . Letras maiúsculas semelhantes (tipo de recipiente) e letras minúsculas semelhantes (altura de recipiente) não diferem ao nível de 5% pelo teste Tukey.



Fonte: elaborado pela própria autora.

A Figura 4 apresenta um conjunto de imagens que permitem a visualização da disposição final do sistema radicular das mudas de maracujazeiro azedo em cada um dos recipientes utilizados neste estudo.

Figura 4- Aspecto visual das raízes de mudas altas de maracujazeiro azedo, cultivar 'FB 200 Yellow Master', aos 75 dias após a emergência, em resposta a diferentes alturas (10×5, 20×5 e 30×5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis (nas colorações marrom e branca), além de recipientes plásticos de polietileno (20×10 cm e 28×15 cm). Para cada recipiente biodegradável, são apresentadas três imagens sequenciais: a primeira exibe o substrato ainda acoplado ao recipiente, com raízes visivelmente ultrapassando os poros laterais destes recipientes; a segunda exibe o sistema radicular após a remoção do recipiente; e a terceira destaca o desenvolvimento das raízes na região inferior.



Fonte: elaborado pela própria autora.

3.2 Ensaio II. Desenvolvimento radicular de plantas de maracujazeiro azedo produzidas em recipientes biodegradáveis em condições de vaso

As mudas de maracujazeiro azedo produzidas em recipientes biodegradáveis com alturas de 20 e 30 cm, até os 75 DAE, apresentaram maior acúmulo de MFR aos 45 DAT em vasos de 21 L. Nessas condições, a MFR foi 135,84% e 178,64% superior, respectivamente, em comparação às plantas provenientes de recipientes biodegradáveis de 10 cm de altura. Resultados semelhantes foram observados para o DR, embora com aumentos menos expressivos. Além disso, o uso do recipiente biodegradável marrom resultou em melhor desempenho das mudas em relação ao recipiente biodegradável branco, com incremento de 27,02% na MFR (Tabela 8).

Observou-se interação entre os fatores tipo e altura dos recipientes biodegradável para as variáveis MSR, CTR, ASR e VR. Na altura de 30 cm, apenas o VR apresentou diferença, com destaque para o recipiente biodegradável marrom, que proporcionou um aumento de 25,67 cm³ (52,54%) em comparação ao recipiente biodegradável branco. Na altura de 10 cm, o recipiente biodegradável marrom resultou em valores superiores para todos os parâmetros mencionados, indicando melhor desenvolvimento radicular sob essas condições. Em contrapartida, na altura de 20 cm, as diferenças se limitaram aos parâmetros CTR e ASR, nas quais o recipiente biodegradável branco apresentou superioridade, com incrementos de 2.323,47 cm (32,11%) e 742,48 cm² (40,8%), respectivamente (Figura 5).

As plantas formadas em recipientes biodegradáveis brancos com 20 e 30 cm de altura apresentaram melhor desempenho dos parâmetros radiculares analisados em comparação àquelas dos recipientes biodegradáveis de 10 cm, evidenciando a influência positiva do aumento da altura do recipiente. Para o recipiente biodegradável marrom, essa tendência foi observada apenas para o CTR, enquanto para as demais variáveis (MSR, ASR, VR) os maiores valores foram obtidos nas plantas cultivadas em recipientes biodegradáveis de 30 cm de altura, sem diferenças entre os tamanhos de 20 e 10 cm (Figura 5).

A Figura 5 apresenta o aspecto visual do sistema radicular das plantas em condições de vaso em associação com os respectivos recipientes biodegradáveis, permitindo uma avaliação qualitativa complementar do desenvolvimento radicular em função dos tratamentos estudados.

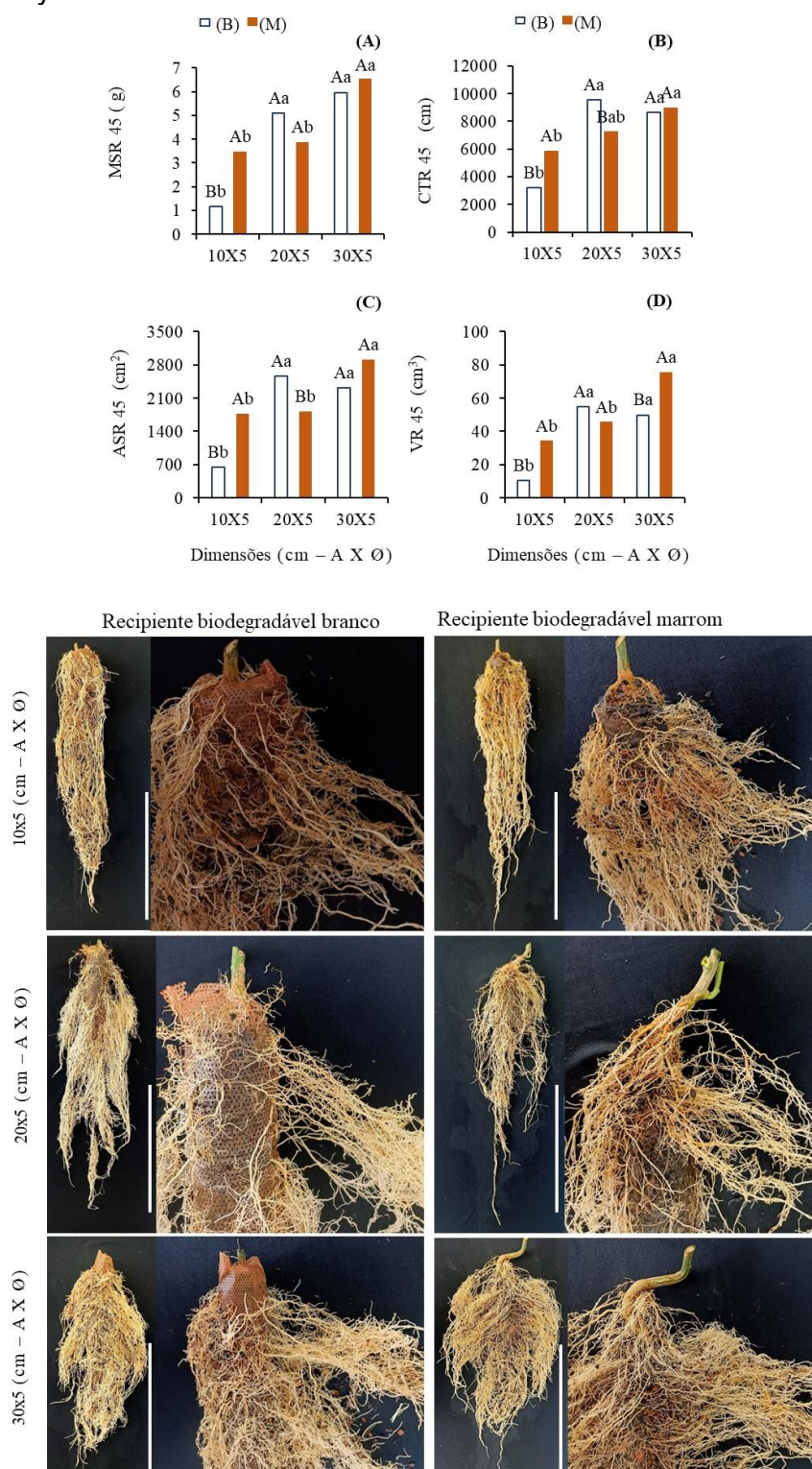
Tabela 8- Resumo da análise de variância da massa fresca da raiz – MFR, massa seca da raiz – MSR, diâmetro da raiz – DR, comprimento total da raiz – CTR, área superficial da raiz – ASR e volume da raiz – VR de plantas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’, em resposta à altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco aos 45 dias após o transplântio para vaso de 21 L.

QUADRADOS MÉDIOS												TESTE DE MÉDIA			
FV	GL	MFR (g)	MSR (g)	DR (mm)	CTR (cm)	ASR (cm ²)	VR (cm ³)	45 Dias após transplântio para vaso				MFR (g)	DR (mm)		
Coloração (C)	1	985,68 *	1,33 ns	0,08 **	196.454,86 ns	46.191,11 ns	800,84 *					Altura (10x5 cm)	23,13 b	0,72 b	
Altura (A)	2	2.792,08 **	23,38 **	0,08 **	33.483.780,22 **	3.149.714,44 **	2.558,50 **					Altura (20x5 cm)	54,55 a	0,91 a	
C x A	2	572,21 ns	4,77 *	0,004 ns	9.262.166,52 **	1.373.177,23 **	584,68 *					Altura (30x5 cm)	64,45 a	0,94 a	
Blocos	2	99,16 ns	0,38 ns	0,0001 ns	387.128,64 ns	12.135,74 ns	0,93 ns					Coloração (branco)	39,97 b	0,79 b	
Resíduo	10	166,64	0,83	0,003	838.162,54	110.219,17	88,03					Coloração (marrom)	54,77 a	0,93 a	
CV (%)		27.24	21.07	6.36	12.65	16.59	20.86								

TESTE DE MÉDIA																
	MSR				CTR				ASR				VR			
	Paperpot				Paperpot				Paperpot				Paperpot			
	branco		marrom		branco		marrom		branco		marrom		branco		marrom	
Altura (10x5 cm)	1,5	Bb	3,46	Ab	3.194,89	Bb	5.838,34	Ab	644	Bb	1.757,20	Ab	10,33	Bb	34,12	Ab
Altura (20x5 cm)	5,1	Aa	3,85	Ab	9.558,99	Aa	7.235,52	Bab	2.560,08	Aa	1.817,56	Bb	54,81	Aa	45,38	Ab
Altura (30x5 cm)	5,96	Aa	6,53	Aa	8.637,48	Aa	8.944,31	Aa	2.317,62	Aa	2.907,63	Aa	49,72	Ba	75,39	Aa

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste “F” ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação. Média seguida por letra minúscula semelhante na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: elaborado pela própria autora.

Figura 5- Aspecto visual e características morfológica das raízes de plantas de maracujazeiro azedo cultivar 'FB 200 Yellow Master', em resposta a altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco aos 45 dias após o transplante para vaso de 21 L. (A): massa seca da raiz – MSR; (B): comprimento total das raízes – CTR; (C): área superficial da raiz – ASR e (D): volume da raiz – VR. Letras maiúsculas semelhantes (tipo do recipiente) e letras minúsculas semelhantes (altura de recipiente) não diferem ao nível de 5% pelo teste Tukey. Barra=30 cm.



Fonte: elaborado pela própria autora.

3.3 Ensaio III. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em campo provenientes de mudas altas produzidas em recipientes biodegradáveis e sacolas de polietileno

As plantas de maracujazeiro azedo em campo, provenientes de mudas produzidas em sacolas plásticas de polietileno, apresentaram antecipação na realização da primeira poda de formação do ramo primário em cerca de 23 dias em comparação às mudas produzidas nos recipientes biodegradáveis, independente do tipo e da altura. Contudo, esses resultados não influenciaram a antecipação da fase reprodutiva, conforme indicado pelos índices de velocidade de botões florais, de florescimento e pela colheita do primeiro fruto maduro, os quais permaneceram semelhantes entre os tratamentos.

Para o índice SPAD aos 30 DAT e DB aos 150 DAT, foram verificados maiores valores para as plantas controle. Observou-se, ainda, maior acúmulo de biomassa aérea, com MFPA e MSPA superiores em 438,7 g e 137,85 g, respectivamente (Tabela 5). Ao comparar os dois tratamentos controle, constatou-se maior DB, MFPA e MSPA das plantas originárias de mudas cultivadas em sacolas plásticas de polietileno de 28x15 cm em relação àquelas de 20x10 cm (Tabela 9).

Os recipientes biodegradáveis branco e marrom não apresentaram discrepâncias no desempenho das plantas em campo. Observou-se, ainda, que, apesar das plantas provenientes de mudas cultivadas em recipientes biodegradáveis de 10 cm serem podadas mais tardiamente (cerca de 18 dias) e apresentarem menor índice de velocidade de florescimento comparadas às plantas cultivadas em recipientes biodegradáveis de 30 cm de altura, essa diferença não afetou a colheita do primeiro fruto maduro, que ocorreu de forma simultânea entre os dois tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9- Resumo da análise de variância da poda, índice de cor verde- SPAD, índice de velocidade de botão floral – IVB, índice de velocidade de florescimento – IFV, primeiro fruto maduro – 1° FM, diâmetro basal do caule – DB, massa fresca e seca da parte área – MFPA, MSPA, de plantas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’, em resposta à altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom e branco, e recipiente plástico de polietileno (controle): 20x10 cm e 28x15 cm, aos 30 e/ou 150 dias após o transplante em campo.

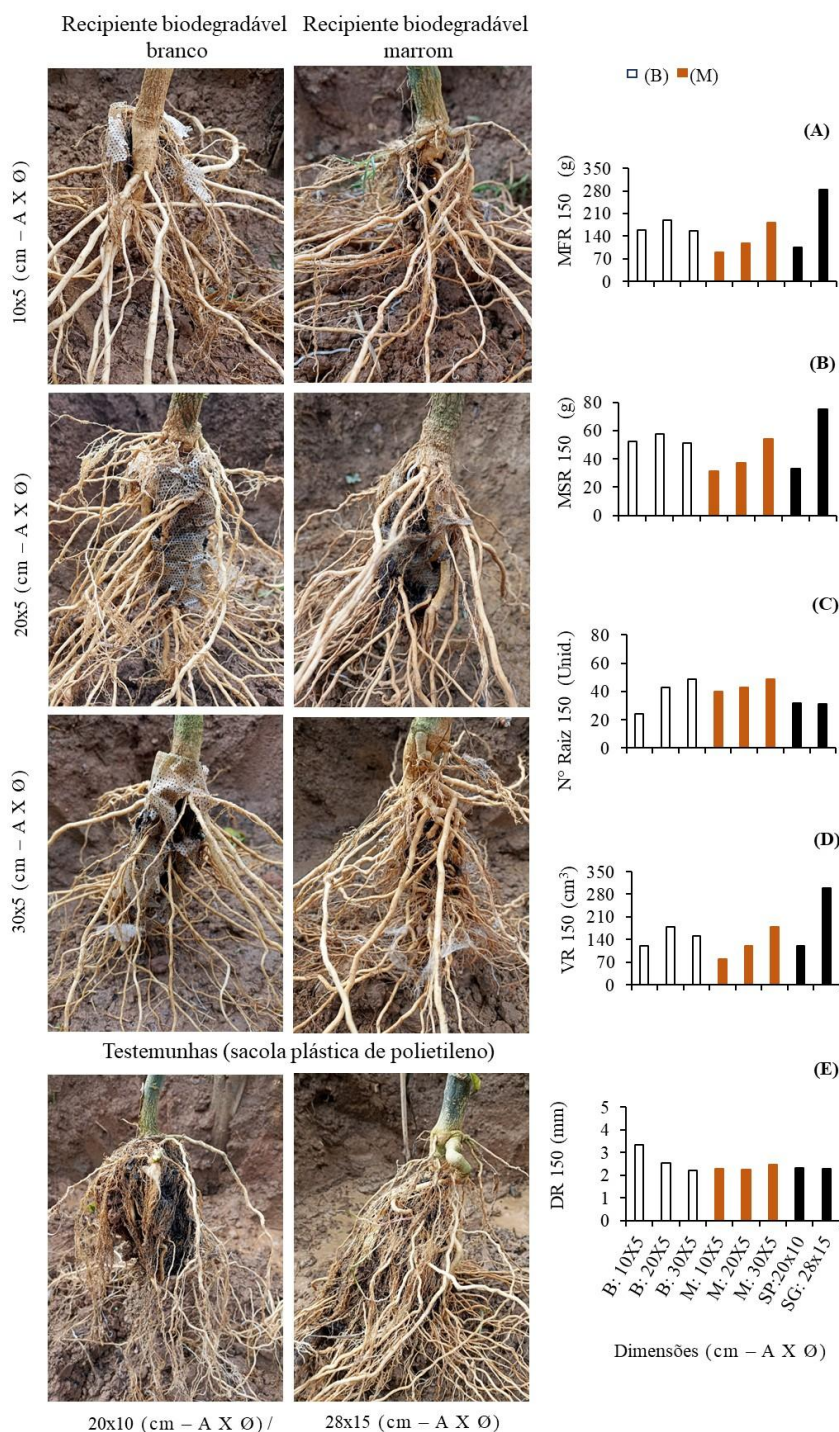
QUADRADOS MÉDIOS																	
FV	GL	Poda (DAT)		SPAD		IVB		IVF		1° FM (DAT)		DB (mm)		MFPA (g)		MSPA (g)	
				30								150		150		150	
Coloração (C)	1	123,08	ns	0,17	ns	0,04	ns	0,002	ns	141,68	ns	0,09	ns	60.096,91	ns	21,18	ns
Altura (A)	2	839,76	**	14,03	ns	0,08	ns	0,007	*	863,85	*	0,76	ns	28.449,86	ns	2.959,53	ns
C x A	2	30,5	ns	3,72	ns	0,008	ns	0,001	ns	274,19	ns	1,11	ns	107.329,71	ns	3.222,18	ns
(Fatorial)	5	372,72	**	7,13	ns	0,04	ns	0,004	ns	483,55	*	0,77	ns	66.331,21	ns	2.476,92	ns
Testemunhas	1	111,22	ns	3,17	ns	0,11	ns	0,001	ns	232,29	ns	10,25	**	841.251,85	*	44.502,22	*
Fatorial X testemunhas	1	2.408,52	**	174,84	**	0,55	ns	0,0006	ns	427,78	ns	12	**	866.180,86	*	85.511,41	**
(Tratamentos)	7	626,19	**	30,53	*	0,05	ns	0,003	ns	439,69	*	3,73	**	291.298,39	ns	20.342,60	*
Blocos	2	44,66	ns	22,82	ns	0,01	ns	0,001	ns	170,29	ns	0,91	ns	216.946,34	ns	16.927,97	ns
Resíduo	14	49,34		10,02		0,05		0,001	ns	143,93		0,68		114.891,24		6.182,80	
CV (%)		25,04		6,28		62,8		72,73		15,9		5,19		15,75		14,67	
Fatorial		33,82	a	48,82	b	0,34	a	0,04	a	77,86	a	15,48	b	2.041,26	b	501,39	b
Testemunhas		10,69	b	55,06	a	0,19	a	0,02	a	68,11	a	17,11	a	2.480	a	639,24	a
Testemunha (20x10 cm)		15	a	55,78	a	0,32	a	0,04	a	74,33	a	15,81	b	2.105,55	b	553,12	b
Testemunha (28x15 cm)		6,38	a	54,33	a	0,59	a	0,07	a	61,88	a	18,42	a	2.854,44	a	725,36	a
Coloração (branco)		31,21	a	48,92	a	0,29	a	0,06	a	75,05	a	15,41	a	2.099,05	a	502,47	a
Coloração (marrom)		36,44	a	48,72	a	0,39	a	0,03	a	80,66	a	15,55	a	1.983,48	a	500,3	a
Altura (10x5 cm)		47,27	a	49,13	a	0,23	a	0,01	b	91	a	15,54	a	1.977,74	a	475,75	a
Altura (20x5 cm)		25,02	b	47,16	a	0,32	a	0,05	ab	67,48	b	15,1	a	2.114,44	a	514,69	a
Altura (30x5 cm)		29,18	b	50,17	a	0,47	a	0,08	a	75,1	ab	15,81	a	2.031,62	a	513,73	a

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste “F” ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação. Média seguida por letra minúscula semelhante na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: elaborado pela própria autora.

A Figura 6 apresenta a distribuição do sistema radicular das plantas de cada tratamento, observada por meio da abertura de trincheiras no campo. Verificou-se que o crescimento das raízes não foi restringido/limitado pelo uso dos recipientes biodegradáveis. Além disso, não foi observada a completa degradação desses recipientes após 150 dias (cinco meses), embora o fabricante indique a completa degradação no período de seis meses.

Foi possível constatar que tanto o número de raízes secundárias quanto o diâmetro das raízes permaneceram semelhantes, independentemente de as plantas terem sido cultivadas em recipientes biodegradáveis ou provenientes de mudas produzidas em sacolas plásticas de polietileno. No entanto, notou-se maior acúmulo de massa e volume radicular nas plantas advindas de mudas em sacolas plásticas de polietileno de 28x15 cm. Já as plantas provenientes de mudas formadas em sacolas plástica de polietileno de 20x10 cm apresentaram padrão de desenvolvimento radicular semelhante àquelas cultivadas em recipientes biodegradáveis marrons de mesma altura (Figura 6).

Figura 6- Aspecto visual e características morfológica de plantas de maracujazeiro azedo cultivar 'FB 200 Yellow Master', em resposta à altura (10x5, 20x5 e 30x5 cm) e tipos de composição de recipientes biodegradáveis nas colorações: marrom (M) e branco (B), e recipiente plástico de polietileno: 20x10 cm - SP e 28x15 cm - SG, aos 150 dias após o transplante em campo. (A): massa fresca da raiz – MFR; (B): massa seca da raiz – MSR; (C): número de raízes secundárias – N° Raiz; (D): volume da raiz – VR e (E): diâmetro da raiz - DR.



Fonte: elaborado pela própria autora.

4. DISCUSSÃO

O uso de papel biodegradável na horticultura tem se destacado nos últimos anos, especialmente diante de um sistema agrícola que tem priorizado a sustentabilidade e o menor impacto ambiental. Assim, os recipientes biodegradáveis representam uma alternativa sustentável aos recipientes plásticos de polietileno, sendo promissores na substituição desses materiais.

Na propagação de mudas, os recipientes biodegradáveis têm contribuído para a otimização do crescimento e vigor (Magar, et al., 2022; Anirudh et al., 2024). No entanto, deve-se considerar e avaliar o equilíbrio do crescimento tanto em viveiro quanto em campo, pois o tipo e volume do recipiente biodegradável pode influenciar no desempenho das plantas, necessitando aprimorar as técnicas de aplicação dessa tecnologia, principalmente quando se trata de mudas altas de maracujazeiro azedo, que carecem de informações científicas.

Para o presente estudo, devido o menor volume de substrato nos recipientes biodegradáveis foi necessário antecipar a finalização do ensaio I para 75 dias após a emergência, antes do período previsto para a formação das mudas altas (entre 90 e 180 dias), uma vez que, observou-se uma limitação no crescimento das mudas.

De acordo com resultados, foi possível observar que as mudas altas de maracujazeiro azedo produzidas em sacolas plásticas de polietileno apresentaram desempenho superior para grande parte dos parâmetros morfológicos e fisiológicos, em comparação as mudas produzidas em recipientes biodegradáveis, independentemente do tipo de utilizado (marrom, branco, 30; 20 e 10 cm de altura). Essa inferioridade pode estar relacionada a menor disponibilidade de substrato de acordo o tamanho recipientes biodegradáveis e a velocidade de secagem do substrato devido a maior porosidade para grande maioria do tipo de material utilizado para fabricação, que pode afetar a retenção de umidade (Wi et al., 2024).

Embora a frequência de irrigação e o status hídrico ao longo do dia não tenha sido avaliada nesse estudo, foi perceptível durante a condução do experimento, que os tratamentos com recipientes biodegradáveis necessitaram de regas mais frequentes, devido à baixa retenção hídrica do substrato. O ambiente protegido de cultivo também não possuía sistema de controle de temperatura e umidade. Isso, aliado a menor capacidade de retenção hídrica dos recipientes, pode ter impactado na limitação de crescimento das mudas de maracujazeiro. Segundo Wang et al.

(2015), plantas ornamentais trepadeiras cultivadas em recipientes biodegradáveis apresentaram maior consumo hídrico em comparação àquelas cultivadas em recipientes plásticos.

O maracujazeiro azedo é tido como uma planta isohídrica, caracterizada pela sensibilidade dos estômatos sob déficit hídrico para minimizar a perda de água por transpiração (Lozano-Montana et al., 2021; Teixeira et al., 2023). No entanto, essa estratégia hídrica pode comprometer o crescimento da planta, devido a menor taxa de assimilação de CO₂ (Kumar et al., 2018).

Embora as plantas de maracujazeiro apresentem essa característica de isohidricidade, durante a condução do experimento foi visível o murchamento das mudas nos horários mais quentes do dia (entre 11 e 15 horas).

Esse efeito foi mais evidente nas mudas produzidas em recipientes biodegradáveis brancos, nos quais os poros laterais do material eram maiores, conforme ilustrado na Figura 2. Segundo Sanchez-Aguilar et al. (2016), em ambientes com temperaturas elevadas, o uso de recipientes claros, como os brancos, pode ser uma estratégia eficiente para refletir a radiação solar e, assim, reduzir os efeitos do calor sobre o substrato. No entanto, no presente estudo, essa possível vantagem térmica foi suprimida pelo maior diâmetro dos poros laterais nos recipientes biodegradáveis brancos, comprometendo possivelmente a perda rápida de água.

Esse efeito pode ter afetado a expansão radicular, resultando em menores valores de massa fresca e seca de raiz, comprimento total de raízes, área superficial de raízes, diâmetro ponderado da raiz e volume radicular. A restrição do desenvolvimento radicular compromete a absorção de água e nutrientes, impactando o acúmulo de biomassa da planta (Zakaria et al., 2020).

Durante os horários de maior temperatura, associados ao menor volume de substrato, ao sistema radicular limitado e à alta porosidade das paredes dos recipientes biodegradáveis, principalmente o recipiente biodegradável branco, as mudas podem ter atingido uma condição de estresse hídrico acentuado pela perda mais rápida de água, a ponto de os mecanismos isohídricos, como o fechamento estomático, não serem suficientes para manter a turgescência foliar. Embora a isohidricidade esteja geralmente mais relacionada à resposta fisiológica ao déficit hídrico, no presente estudo é possível que esse mecanismo tenha sido intensificado também por outro fator de estresse como a alta temperatura que geralmente é maior no interior do ambiente protegido quando não se tem controle das condições

ambientais. Segundo Wang et al. (2023), a planta de maracujazeiro apresenta uma sensibilidade a altas temperaturas, que pode impactar a otimização fisiológica das plantas.

Quando foi avaliado o teor relativo de água foliar no antemanhã horário de menor demanda transpiratória, foi observado maiores valores nas mudas cultivadas em peperports, mesmo apresentando potencial hídrico mais negativo em relação as mudas cultivadas em sacolas plásticas de polietileno. Esse efeito indica que as mudas, embora possivelmente numa condição de maior tensão hídrica, devido o menor volume de substrato e sistema radicular limitado, manteve a hidratação celular. Esse efeito pode estar relacionado à menor área foliar total dessas mudas observadas no presente estudo. Segundo Lozano-Montana et al. (2021), a restrição da área foliar é uma estratégia adaptativa das plantas de maracujazeiro em condições de estresse hídrico.

Apesar de apresentarem sinais de estresse nos horários mais quentes do dia, a menor área foliar pode ter favorecido a retenção hídrica durante o período de menor demanda, permitindo que a água disponível fosse suficiente para manter uma maior turgescência em uma área mais restrita.

Sabe-se que existe uma intensa relação entre o crescimento radicular e relações hídricas (Lozano-Montana et al., 2021; Teixeira et al., 2023). Isso se deve ao fato de as raízes terem participação direta nos processos fisiológicos mediante absorção e transporte de água e nutrientes (Cui et al., 2016). Nesse sentido, os maiores valores para as características das raízes das mudas em recipientes plásticos de polietileno podem ter condicionado o maior potencial hídrico foliar.

A utilização de mudas de maracujazeiro de qualidade é um dos pressupostos indispensáveis para o bom estabelecimento e produção das plantas em campo. No presente estudo, as mudas produzidas em recipientes biodegradáveis apresentaram uma maior razão raiz/parte aérea, o que pode indicar uma estratégia adaptativa frente às limitações impostas pelo menor volume de substrato e pelas características do recipiente biodegradável (a exemplo de porosidade, altura). No entanto, quando analisado o acúmulo isolado de biomassa, especialmente biomassa radicular e também o diâmetro do caule, as mudas cultivadas em recipientes plásticos de polietileno apresentaram desempenho superior. Esse maior desenvolvimento refletiu diretamente em valores mais elevados do índice de qualidade de Dickson. Dessa forma, a maior alocação de biomassa nas raízes observada nas mudas dos

recipientes biodegradáveis pode ter sido uma estratégia adaptativa para manutenção da muda em condições mais restritivas, sem impactar em uma maior qualidade das mudas.

Embora tenha sido observado esses resultados para as mudas produzidas em recipientes biodegradáveis, estudos têm demonstrado o alto potencial desses recipientes, em relação aos de polietileno, no aumento da altura da parte aérea, diâmetro basal do caule, massa seca da parte aérea, raiz e total, índice de qualidade de Dickson (Viégas, 2015; Walter et al., 2022) e crescimento radicular (Manafi-Dastjerdi et al., 2022). Nesse sentido, a tecnologia é promissora, mas deve levar em consideração o manejo, principalmente o hídrico das mudas ao longo da formação, principalmente quando se utiliza essa tecnologia na produção de mudas altas de maracujazeiro azedo.

É importante salientar que, ao considerar os efeitos isolados dos tipos dos recipientes biodegradáveis, foi possível observar que o tipo marrom apresentou desempenho mais promissor em comparação ao branco. Esse efeito é ainda mais importante quando se leva em consideração o índice de qualidade de Dickson, que foi superior para as mudas propagadas no recipiente biodegradável marrom. Além disso, o tipo marrom também sobressaiu nos valores de área foliar total, área foliar específica, comprimento total da raiz e nos teores de pigmentos fotossintéticos. Sanchez-Aguilar et al. (2016) avaliaram o efeito da cor (preto, transparente e branco) no crescimento e desenvolvimento de mudas de *Pinus greggii* e *P. oaxacana*. Os autores observaram que o da cor branca do recipiente condicionou maior índice de qualidade de Dickson para *P. oaxacana*.

A altura do recipiente, quando avaliada isoladamente, foi um dos fatores mais determinantes no crescimento das mudas. Os recipientes biodegradáveis com 30 cm de altura foram superiores na maioria dos parâmetros morfológicos, reforçando a importância do volume de substrato como fator limitante para o desenvolvimento radicular e acúmulo de biomassa. Essa constatação foi evidenciada em estudos com o volume do recipiente na promoção de sistemas radiculares mais robustos (Poorter et al., 2012). Fabro et al. (2023), ao trabalharem com recipientes de diferentes volumes, observaram que aqueles com maior capacidade de substrato proporcionaram maior desenvolvimento do sistema radicular, além de favorecerem o acúmulo de biomassa na parte aérea de mudas altas de maracujazeiro azedo. Recipientes biodegradáveis com maior altura podem favorecer uma distribuição mais

uniforme das raízes, enquanto a restrição vertical tende a comprometer a qualidade do sistema radicular (Behera et al., 2021).

Silva et al. (2020), ao estudarem a produção de mudas de maracujazeiro azedo, variedade sintética de geração F2 originária do Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Acre, em tubos de policloreto de vinil com 75 mm de diâmetro e diferentes alturas (25, 50, 75, 100 e 125 cm), observaram que tanto a altura das mudas quanto o acúmulo de biomassa aumentaram proporcionalmente ao comprimento dos recipientes.

Ao serem transplantadas para vasos, as mudas produzidas em recipientes biodegradáveis foram avaliadas quanto à capacidade de continuidade do crescimento radicular. Observou-se que a altura de 30 cm proporcionou melhor desempenho para o recipiente biodegradável marrom, favorecendo o crescimento e a expansão das raízes. Embora os recipientes biodegradáveis com 10 e 20 cm de altura tenham apresentado, de modo geral, valores inferiores para os parâmetros avaliados do sistema radicular, como massa seca das raízes, área superficial radicular e volume radicular, visualmente a parede do recipiente biodegradável, mesmo após 45 dias do transplântio, não impôs restrições ao desenvolvimento radicular (Figura 5). Ainda assim, o maior volume de substrato disponível nos recipientes mais altos na fase de mudas esteve associado à maior expansão das raízes e ao acúmulo de biomassa.

Com avaliação apenas visual do sistema radicular no ensaio em condições de campo aberto, realizada por meio da abertura de trincheiras aos 150 dias após o transplântio (Figura 6), observou-se que os recipientes biodegradáveis ainda não haviam se degradado completamente, sobretudo o tipo branco, o que corrobora com os dados descritos pelo fabricante.

Os recipientes biodegradáveis podem ser transplantados juntamente com as mudas por serem constituídos de materiais de fácil degradação, como as fibras de celulose, esses recipientes podem promover a poda aérea das raízes e reduzir deformações como o enovelamento, além de facilitar a penetração das raízes após o transplântio. Segundo Park et al. (2021), essa porosidade não impõe limitações ao desenvolvimento radicular após o transplântio a campo, o que corrobora com os resultados observados neste estudo, nos quais não foram constatadas restrições ao crescimento das raízes, mesmo com a presença do material do recipiente biodegradável no período avaliado.

Após o transplântio em campo aberto das mudas provenientes dos tratamentos recipientes biodegradáveis (tipo e altura) e sacolas plásticas de polietileno, observou-se que os parâmetros morfológicos como diâmetro do caule e massa fresca e seca da parte aérea permaneceram superiores nas plantas oriundas dos recipientes de polietileno quando comparadas aos recipientes biodegradáveis, sugerindo que o maior volume de substrato associado a possivelmente a menor oscilação hídrica durante a fase de mudas contribuíram para a formação de um sistema radicular mais robusto, resultando em maior vigor da parte aérea. Para o maracujazeiro, o maior crescimento radicular em campo condiciona plantas mais vigorosas, refletindo posteriormente no desempenho reprodutivo (Lucas et al., 2012; Silva et al., 2020)

Para o presente estudo, embora o crescimento inicial das plantas provenientes dos recipientes biodegradáveis tenha sido mais lento, especialmente nos recipientes biodegradáveis de 10 cm de altura, tal limitação não comprometeu o início da fase produtiva.

Apesar das limitações observadas no crescimento das mudas de maracujazeiro cultivadas em recipientes biodegradáveis, o uso desses recipientes apresenta potencial promissor. O fato de os tratamentos com recipientes biodegradáveis, no presente estudo, apresentarem desempenho produtivo semelhante em campo, considerando o florescimento e a colheita do primeiro fruto maduro, mesmo com certo atraso na formação dos ramos secundários, indica a viabilidade dessa tecnologia.

5. CONCLUSÕES

As sacolas plásticas de polietileno promoveram maior crescimento de mudas de maracujazeiro azedo em comparação aos recipientes biodegradáveis.

O recipiente biodegradável de coloração marrom promoveu melhores parâmetros morfológicos das mudas de maracujazeiro em relação ao recipiente biodegradável branco.

Maior vigor das mudas de maracujazeiro azedo foi obtido em recipientes biodegradáveis de 30 cm de altura quando comparado aos recipientes biodegradáveis de 10 cm de altura.

O teor relativo de água foliar das mudas de maracujazeiro azedo, quando avaliado no período antemanhã, apresentou valores mais elevados nos tratamentos com recipientes biodegradáveis em relação às sacolas plásticas de polietileno.

A razão raiz/parte aérea das mudas de maracujazeiro azedo foi superior nos tratamentos com recipientes biodegradáveis, independentemente da altura e do tipo, em comparação às sacolas plásticas de polietileno. No entanto, esse fator isolado não resultou em maior índice de qualidade de mudas.

O crescimento das raízes em vasos aos 45 dias após o plantio não foi afetado pelo transplantio das mudas de maracujazeiro azedo com o recipiente biodegradável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, Editora UFV, 2009, 500 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANIRUDH, M. K.; LAL, A. N.; HARIKRISHNAN, M. P.; JOSE, J.; THASIM, J.; WARRIER, A. S.; KOTHAKOTA, A. Sustainable seedling pots: Development and characterisation of banana waste and natural fibre-reinforced composites for horticultural applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 270, e-132070, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132070>

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplast: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

BARBIERI JÚNIOR, E.; ROSSIELLO, R. O. P.; MORENZ, M. J. F.; RIBEIRO, R. C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-tifton 85. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 633-636, 2010.

BEHERA, A. K.; AVANCHA, S. das, N.; ADHIKARI, B. Mechanical and biodegradation analysis of fully biodegradable eco-friendly natural fiber reinforced sapling pot. **Polymer Composites**, [S. l.], v. 42, n. 6, p. 2910-2919, 2021. <https://doi.org/10.1002/pc.26024>

BORGES, A. L.; SOUZA, L. D. **Recomendações de calagem e adubação para o maracujazeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, comunicado técnico 141, 2010. 4 p.

ČATSKÝ, J. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. **Biologia Plantarum**, Praga, v. 2, n. 1, p. 76-78, 1960. <https://doi.org/10.1007/BF02920701>

COSTA, S. J. da; ERASMO, E. A. L.; SILVA, J.; OLIVEIRA, T. C. Desempenho de híbridos de dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.) nas fases de pré-viveiro e viveiro. **Journal of Neotropical Agriculture**, Cassilândia, v. 5, n. 4, p. 34 – 39, 2018. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.1435>

CUI, X.; DONG, Y.; GI, P.; WANG, H.; XU, K.; ZHANG, Z. Relationship between root vigour, photosynthesis and biomass in soybean cultivars during 87 years of genetic improvement in the northern China. **Photosynthetica**, [S. l.], v. 54, n. 1, p. 81-86, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0160-z>

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, Canada, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DINIZ, P.; WERNECK, D.; FREITAS, A.; SANTOS, G. dos; VALVERDE, S.; NASCIMENTO, R. **Sistema ellepot: novo paradigma tecnológico para a silvicultura mundial**. Revista Campo & Negócios. 61. ed. 2022, 40 p.

FABRO, F. F.; PETRY, H. B.; MARCHESI, D. R.; SCHWARZ, S. F.; SCHNEIDER, L. A. Formation pruning intensities and container volumes in the production of advanced sour passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 46, e-560, 2024. <https://doi.org/10.1590/0100-29452024560>

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

GROSSNICKLE, S. C.; IVETIĆ, V. Root system development and field establishment: effect of seedling quality. **New Forests**, p. 1-47, 2022.

KUMAR, S.; SACHDEVA, S.; BHAT, K.V.; VATS, S. **Plant responses to water stress: physiological, biochemical and molecular bases**. Tolerance to biotic and abiotic stress in plants. Springer, Cingapura, 2018, p. 1–25. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5_1

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOARES, M. D. M.; SILVA, F. A.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A. Postharvest quality of sour passion fruit under irrigation strategies with brackish water and potassium application in two crop cycles. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, p. 1-17, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05922-0>

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, e-109655, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109655>

LUCAS, A. A. T.; FREIZZONE, J. A.; COELHO FILHO, M. A. Características da distribuição radicular de maracujazeiro sob fertirrigação. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 245-250, 2012. <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n2p245>

MAGAR, A. P.; NANDEDE, B. M.; CHILUR, R.; GAIKWAD, B. B.; KHADATKAR, A. Optimization of growing media and pot size for vegetable seedlings grown in cylindrical paper pots using response surface methodology. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 11, p. 1712-1721, 2022. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2014870>

MANAFI-DASTJERDI, M.; EBRAHIMI-NIK, M.; ROHANI, A.; LAWSON, S. Production of biodegradable pots from cattle manure and wood waste: effects of natural binders on mechanical performances and biodegradability. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 14, p. 20265-20278, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17235-6>

MAPA – **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Base de dados AGROFIT. 2023. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 30 jul. 2023.

NAMBUTHIRI, S.; GENEVE, R. L.; SUN, Y.; WANG, X.; FERNANDEZ, R. T.; NIU, G.; BI, G.; FULCHER, A. Substrate temperature in plastic and alternative nursery containers. **HortTechnology**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 50-56, 2015. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.1.50>

NOVAES JÚNIOR, F. **Recipiente biodegradável e substrato elaborados com fibra de bananeira na produção de mudas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims)**. 2021. 94f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Tecnologia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Bambuí, Minas Gerais, MG, 2021.

OLIVEIRA, U. S.; DE SOUZA, A. H.; DE ANDRADE, M. T.; OLIVEIRA, L. A.; GOUVEA, D. G.; MARTINS, S. C.; RAMALHO, J. D. C.; CARDOSO, A. A.; DAMATTA, F. M. Carbon gain is coordinated with enhanced stomatal conductance and hydraulic architecture in coffee plants acclimated to elevated [CO₂]: The interplay with irradiance supply. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 204, e-108145, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108145>

PARK, M. S.; KIM, H. C.; AN, S.; LEE, C. W.; CHOI, J. M. Influence of pre-plant root substrate nitrogen levels on growth of selected fruit bearing vegetable seedlings in cylindrical paper pots. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, [S.l.], v. 62, n. 3, p. 367-375, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00327-6>

PEREIRA, L. F.; TEIXEIRA, E. C.; MATSUMOTO, S. N.; SANTOS, C. E. M.; ROSADO, L. D. S.; FERREIRA, J. T.; VIANA, A. E. S. The impact of controlled release fertilizer on the growth and physiology of advanced seedlings of sour passion fruit. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1-20, 2025. <https://doi.org/10.1080/01904167.2025.2474678>

PEREIRA, L. F. et al. Pruning of the aerial part in tall sour passion fruit seedlings aiming at seedling quality and reproductive precocity. *Scientia Horticulturae*, v. 338, e-113765, 2024.

POKHREL, A.; ALBRECHT, U. Evaluation of different container types on root structure and performance of nursery-grown citrus plants. **HortScience**, v. 59, n.8, p. 1056-1064, 2024. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17979-24>

POORTER, H.; BÜHLER, J.; DUSSCHOTEN, D. V.; CLIMENT, J.; POSTMA, J. A. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. **Functional Plant Biology**, v. 39, n. 11, p.839-850, 2012. <https://doi.org/10.1071/FP12049>

RODRIGUES, V. A. **Recipientes biodegradável e composto orgânico na produção de mudas de eucalipto**. 2020. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2020.

SAHA, S.; HARIPRASAD, P. Paddy straw-based biodegradable horticultural pots: An integrated greener approach to reduce plastic waste, valorize paddy straw and improve plant health. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 337, p. 1-18, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130588>

SANCHEZ-AGUILAR, H.; ALDRETE, A.; VARGAS-HERNANDEZ, J.; ORDAZ-CHAPARRO, V. Influence of container type and color on seedling growth of pine in nursery. **Agrociencia**, v. 50, p. 481-492, 2016.

SANTOS, R. A. **Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas nos sistemas Ellepot® e Tubetes**. 2018. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2018.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Gewerbestrasse, v. 52, n. 1, p. 119-125, 1964. <https://doi.org/10.1073/pnas.52.1.119>

SCHUERMANS, J. **The development of a wall-less plug for planting stock of forest trees**. 2011. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, South Africa, 2011.

SILVA, N. M. D.; SOUZA, L. G. D. S.; UCHOA, T. L.; ARAÚJO NETO, S. E. D.; SILVA, S. O. D. Profitability of organic passion fruit production using tall seedlings and long root system. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, p. 341-348, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n207rc>

SILVA, R. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, N. M.; SILVA, D. F.; SOUZA, L. G. S.; UCHÔA, T. L. Produção de mudas orgânicas de maracujazeiro-amarelo com sistema radicular longo. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.14, n.1, p.7-12, 2018.

SILVA, N. M. D.; SOUZA, L. G. D. S.; UCHÔA, T. L.; ARAÚJO NETO, S. E. D.; SILVA, S. O. D. Rentabilidade da produção de maracujá orgânico utilizando mudas com sistema radicular longo. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 341-348, 2020.
<https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n207rc>

SIMSHAW, K.; WOODWARD, T.; SAULSBURY, L.; HOCH, W. A. Effect of four root-pruning nursery containers on biomass, root architecture and media temperature©. In Proceedings of the 2015 Annual meeting of the international plant propagators' society 1140 (pp. 191-192), 2015.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1140.41>

SRIVASTAVA, K. K.; KUMAR, D.; SINGH, S. R.; BARMAN, P. Effect of container size on yield and root morphology of different fruit crops. **Current Horticulture**, v. 11, n.2, p.29-32, 2023.

TEIXEIRA, E. C.; MATSUMOTO, S. N.; PEREIRA, L. F.; CASTELLANI, M. A.; ALMEIDA, C. de S.; SANTOS, C. E. M. dos; LOPES, J. C. Paclobutrazole use as a tool for anticipate water stress response of sour passion fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n. 307, p. 1-11, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111480>

VIÉGAS, L. B. **Viabilidade do recipiente biodegradável na produção de mudas florestais nativas**. 2015. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2015.

WALTER, L. S.; MOURA, M. M.; GABIRA, M. M.; AGUIAR, N. S. de; STUEPP, C. A.; KRATZ, D. How shading and container type influence ilex paraguariensis a. st.-hil. seedling production. **Forest Science**, [S. l.], 2022.
<https://doi.org/10.1093/forsci/fxac036>

WANG, X.; FERNANDEZ, R. T.; CREGG, B. M.; AURAS, R.; FULCHER, A.; COCHRAN, D. R.; GENEVE, R. L. Multistate evaluation of plant growth and water use in plastic and alternative nursery containers. **HortTechnology**, v. 25, n. 1, p. 42-49, 2015. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.1.42>

WANG, H.; ZHAO, J.; LAI, M.; ZHANG, Y.; QIU, W.; LI, Y.; FU, X. Análise da expressão gênica diferencial e características de resposta fisiológica de brotos de maracujá (*Passiflora edulis*) sob estresse de alta temperatura. **PeerJ**, v. 11, e-14839, 2023. <https://doi.org/10.7717/peerj.14839>

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.
[https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)

WI, S. H.; YEO, K. H.; SEO, T. C.; LEE, H. J.; LEE, H.; AN, S.; JANG, Y. Influence of Light, Temperature, and irrigation on grafted cucumber seedlings in biodegradable paper pots. **Journal of Bio-Environment Control**, v. 33, n. 4, p.280-293, 2024.

YAN, M.; ZHANG, L.; REN, Y.; ZHANG, T.; ZHANG, S.; LI, H.; LI, H.; CHEN, Y.; ZHANG, S. The higher water absorption capacity of small root system improved the yield and water use efficiency of maize. **Plants**, [S.I.], v. 11, n. 17, p. 1-17, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11172300>

ZAKARIA, N. I.; ISMAIL, M. R.; AWANG, Y.; MEGAT WAHAB, P. E.; BERAHIM, Z. Effect of root restriction on the growth, photosynthesis rate, and source and sink relationship of chilli (*Capsicum annuum* L.) grown in soilless culture. **BioMed Research International**, e-2706937, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/2706937>

CAPÍTULO 2

PODA DA PARTE AÉREA EM MUDAS ALTAS DE MARACUJAZEIRO AZEDO VISANDO QUALIDADE DE MUDAS E PRECOCIDADE REPRODUTIVA

RESUMO

Estresses bióticos e abióticos limitam a produção de plantas de maracujazeiro. O sistema de produção, com mudas altas, é uma prática promissora, ao possibilitar o escape da contaminação por doenças nas fases iniciais em campo. No entanto, devido ao longo período que as mudas altas permanecem no viveiro, aliado ao seu crescimento contínuo e indeterminado, é necessário estabelecer um manejo adequado para equilibrar o crescimento da parte aérea e da raiz. Assim, o objetivo foi avaliar o efeito da poda apical da parte aérea durante a fase de formação das mudas, analisando alterações na morfofisiologia e no ciclo reprodutivo de plantas cultivadas tanto em ambiente protegido quanto a campo aberto. Os tratamentos consistiram em: controle (T1 - sem poda), desponte da parte aérea acima da 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folhas (T2); 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folhas (T3); 10^a, 13^a e 15^a folhas (T4); e 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folhas (T5). Durante a fase de crescimento das mudas, todos os tratamentos com manejo de poda resultaram em maior diâmetro do caule, superando em 37% ao tratamento controle. De modo geral, ao analisar os parâmetros morfológicos e fisiológicos, o tratamento T3 se destacou em relação ao controle. No entanto, na fase reprodutiva da planta, tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido, os tratamentos T2 e T4 apresentaram um aumento superior a 40% no índice de velocidade de florescimento em comparação ao tratamento controle. A partir deste manejo foi observado maior índice de velocidade de colheita nos primeiros 40 dias. No entanto, essas alterações não afetaram a produção e produtividade, nem as colheitas subsequentes.

Palavras-chave: Ambiente protegido; campo; florescimento; *Passiflora edulis*.

¹ **Situação:** Publicado no periódico Scientia Horticulturae

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante centro de diversidade genética de plantas do gênero *Passiflora*, com mais de 150 espécies endêmicas (Cavalcante et al., 2018). Em destaque, a espécie *Passiflora edulis* Sims, é economicamente relevante na indústria de frutas do país, sendo este o maior produtor e consumidor (Souza et al., 2023). Os pomares de maracujazeiro são comumente encontrados em propriedades de agricultores familiares, ocupando áreas que variam entre 3 a 5 hectares (Jesus et al., 2020). Essa inserção é motivada pelo rápido retorno financeiro proporcionado pela cultura em comparação a outras frutíferas.

Embora o Brasil apresente clima favorável para o cultivo do maracujazeiro (Antunes et al., 2022), a presença de doenças como fusariose e viroses, além de adversidades ambientais, levam à redução da produtividade e longevidade das plantas (Teixeira et al., 2023; Ferreira et al., 2023; Rezende et al., 2023). Dentre as doenças viróticas, destaca-se a virose causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), de maior relevância econômica, pois promove o endurecimento dos frutos (Carvalho et al., 2021), interfere no crescimento e o desenvolvimento da cultura e ainda não existe erradicação (Santos-Jiménez et al., 2022). O CABMV tem o potencial de gerar grandes prejuízos, podendo comprometer até 80% da produção (Gioria et al., 2000).

Com o objetivo de minimizar os impactos da alta incidência desse vírus, diversas medidas têm sido adotadas. Uma delas consiste na reformulação do sistema de produção, que inclui a alteração do ciclo de cultivo de semi-perene (com duração de dois a três anos) para anual, aliado com a adoção de um período de vazio sanitário para reduzir o inóculo do patógeno (Garcêz et al., 2015; Petry et al., 2020). Além disso, mais recentemente, tem sido proposta a utilização de mudas de maior porte, e o cultivo em ambiente protegido.

As mudas altas de maracujazeiro azedo, são mantidas em viveiro por um período longo, entre quatro e seis meses e possuem cerca de 1,0 a 1,8 m de altura, em relação as mudas convencionais que são transplantadas com cerca de sessenta dias de formação e 30 cm de altura. Este manejo pode reduzir a transição da fase juvenil para a adulta vegetativa e amenizar o impacto das doenças em sua fase mais vulnerável, que ocorre durante o início do desenvolvimento da planta (Faleiro et al. 2019).

Um dos principais desafios no manejo das mudas altas de maracujazeiro está relacionado ao transporte até o local de transplântio devido ao elevado porte e às características do tecido caulinar (tenro e herbáceo) uma vez que podem ocorrer danos físicos. Além disso, pelo fato do maracujazeiro possuir hábito de crescimento contínuo e indeterminado, aliado à sua sensibilidade a temperaturas elevadas durante a formação, é possível que as mudas ultrapassem o tamanho desejado antes do período planejado para transplântio.

Para reduzir este problema, algumas estratégias têm sido utilizadas por produtores de maracujazeiro, como a regulação do crescimento por meio da poda do ápice das mudas. No entanto, ainda não existe um protocolo padrão estabelecido e conhecimento das possíveis consequências futuras dessa prática nas fases seguintes do cultivo, especialmente em relação à floração e à frutificação.

A poda consiste em eliminar a gema terminal, alterando a taxa de crescimento vegetativo (Matias et al., 2023). Assim, o objetivo desta prática está principalmente relacionado ao controle do crescimento em altura da muda até o transplântio no campo, buscando o equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e sistema radicular (Téo et al., 2014), evitando possíveis enovelamento de raízes. Além disso, a poda moderada possibilita um aumento no diâmetro do caule, favorecendo a formação de mudas mais robustas (Porto et al., 2021) e, conseqüentemente, facilitando o transporte até o local de plantio.

Ao realizar o desponte do ápice caulinar, ocorre um rápido acúmulo de sacarose e citocinina, o que estimula o crescimento de gemas axilares (Gioppato e Dornelas, 2021; Maggioni et al., 2021). Dessa forma, a poda está diretamente relacionada à maior concentração de carboidratos no caule, que pode favorecer a antecipação do período reprodutivo, influenciando na regulação de microRNAs específicos e reduzindo a transição da fase juvenil para a fase adulta-reprodutiva (Gioppato e Dornelas, 2021). Nesse sentido, a poda do ápice das mudas altas de maracujazeiro surge como uma técnica promissora para acelerar o processo de produção das plantas.

A poda é uma prática comum na fruticultura, especialmente na formação da copa e na indução floral de plantas como goiabeiras (Widyastuti et al., 2019) e mangueiras (Aghav et al., 2023). Embora menos comum durante a fase de mudas, estudos têm explorado o uso da poda em mudas de espécies arbóreas e florestais (Marler, 2019; Dionisio et al., 2021; Porto et al., 2021). Em plantas herbáceas como o

maracujazeiro azedo, a fase juvenil ocorre no início do crescimento, sem rejuvenescimento nas fases seguintes (Teixeira et al., 2023). Portanto, a poda durante a fase de muda pode reduzir o período juvenil e antecipar o ciclo reprodutivo da cultura.

Outra técnica em ascensão é o cultivo em ambiente protegido, pois reduz principalmente a incidência de doenças, aumentando a produtividade (Martín et al., 2012). Essa prática é comum em diversas culturas agrícolas, beneficiando a fertilização das flores, a produção de frutos (Silva et al., 2023), colheitas mais precoces e melhor qualidade dos frutos (Carvalho et al., 2010). Em se tratando da cultura do maracujazeiro, o cultivo protegido pode reduzir potencialmente a incidência do vírus, pois impede a entrada do vetor principal, os afídeos. Em alguns países, como a Espanha já é amplamente utilizado.

Partindo desse pressuposto, o objetivo desse estudo foi verificar a interferência da poda apical da parte aérea durante a fase de formação das mudas de maracujazeiro, quantificando alterações na morfofisiologia e no ciclo reprodutivo das plantas cultivadas tanto em ambiente protegido quanto em campo aberto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

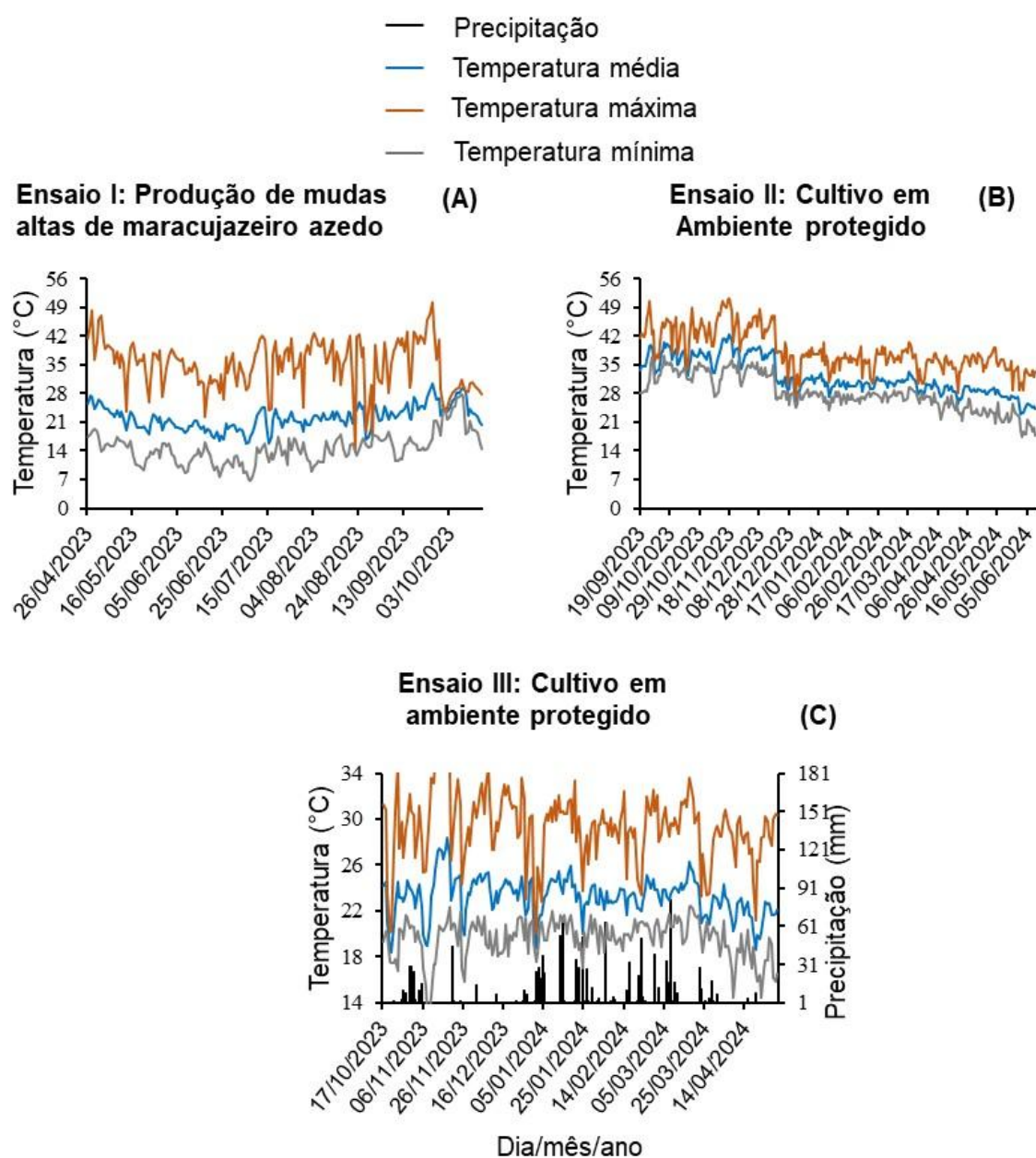
2.1 Caracterização do local de estudo

O estudo foi conduzido em três ensaios na Universidade Federal de Viçosa, Campus de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, durante o período de abril de 2023 a junho de 2024. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen-Geiger, é do tipo Cwa (tropical de altitude), com invernos secos e verões quentes e chuvosos (Alvares et al., 2013).

Os ensaios I: fase de mudas, e ensaio II: plantas cultivadas em ambiente protegido, foram realizados em ambiente com cobertura de plástico transparente de polietileno, sem controle de temperatura. No ensaio I, o ambiente protegido possuía bancadas de 4 m de comprimento por 1 m de largura, elevados a 0,7 m do solo. Por outro lado, no ensaio II, o ambiente protegido abrangia 14 m de largura por 36 m de comprimento, perfazendo uma área de 504 m², com solo coberto por sombrite para evitar o crescimento de plantas invasoras (Apêndice A). A temperatura média, mínima e máxima no interior desses ambientes foi registrada por um datalogger (Figura 2). O ensaio III consistiu em plantas cultivadas em campo aberto (Apêndice A). Os dados

climáticos foram obtidos da estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Minas Gerais, Brasil, e estão apresentados Figura 2.

Figura 1 – Temperatura média, mínima e máxima diária no interior do ambiente protegido durante a condução do ensaio na fase de mudas – Ensaio I (A) e a fase adulta-reprodutiva em ambiente protegido – Ensaio II (B), registradas por um datalogger. Temperatura média, mínima e máxima diária e precipitação acumulada diária em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, durante o período experimental em campo – Ensaio III (C) (Fonte: INMET).



Fonte: elaborado pela própria autora.

2.2 Ensaio I. Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis*) em função de diferentes tratamentos de podas da parte aérea

2.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

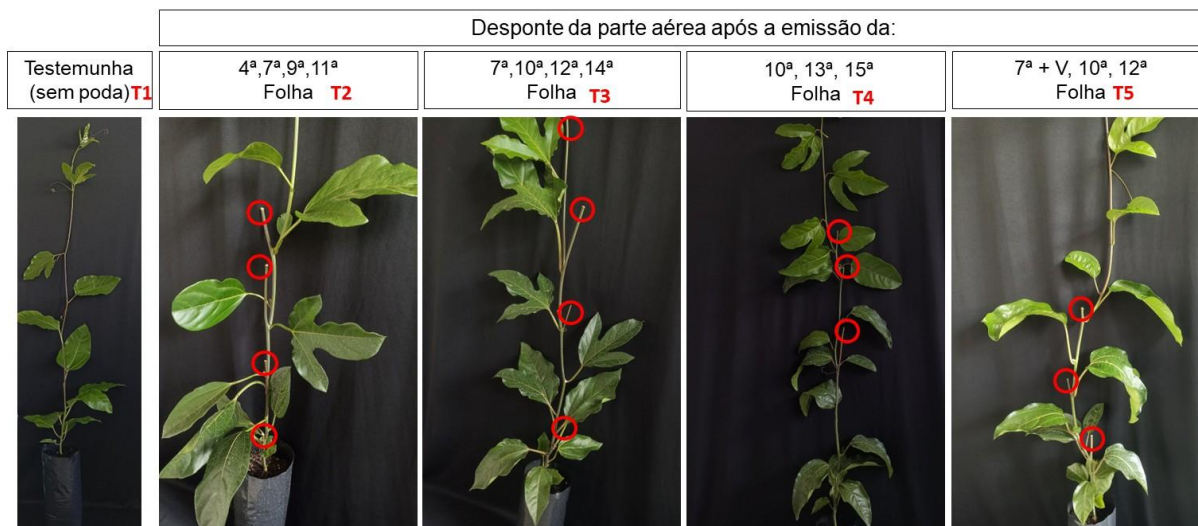
O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Cada unidade experimental consistiu em 19 mudas, das quais 3 mudas foram utilizadas para avaliações morfológicas, 6 para as análises fisiológicas, sendo que 3 dessas foram também utilizadas para a avaliação bioquímica. Além disso, 5 mudas foram destinadas à implementação do ensaio II e 5 mudas para o ensaio III, totalizando 380 mudas para condução dos estudos. Os tratamentos empregados no estudo foram compostos por 5 diferentes podas de formação (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos de poda apical realizados em mudas altas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims), indicando o ponto de desponete da parte aérea, a folha de referência para regressão, e observações sobre a condução dos tratamentos.

Tratamento	Poda - desponete da parte aérea acima da:	Folha de referência para o desponete	Observação
T1	Sem poda		
T2	4ª folha	(regressão da 7ª folha para a 4ª folha)	A segunda, terceira ou quarta poda de cada tratamento foram realizadas nas novas brotações que surgiram próximas à extremidade da poda anterior (Figura 2). As datas correspondentes a cada tratamento estão apresentadas na Figura 3.
	7ª folha	(regressão da 10ª folha para a 7ª folha)	
	9ª folha	(regressão da 12ª folha para a 9ª folha)	
	11ª folha	(regressão da 14ª folha para a 11ª folha)	
T3	7ª folha	(regressão da 10ª folha para a 7ª folha)	
	10ª folha	(regressão da 13ª folha para a 10ª folha)	
	12ª folha	(regressão da 15ª folha para a 12ª folha)	
	14ª folha	(regressão da 17ª folha para a 14ª folha)	
T4	10ª folha	(regressão da 13ª folha para a 10ª folha)	
	13ª folha	(regressão da 16ª folha para a 13ª folha)	
	15ª folha	(regressão da 18ª folha para a 15ª folha)	
T5	7ª folha mais velha	(regressão da 12ª folha para a 7ª folha)	
	10ª folha	(regressão da 13ª folha para a 10ª folha)	
	12ª folha	(regressão da 15ª folha para a 12ª folha)	

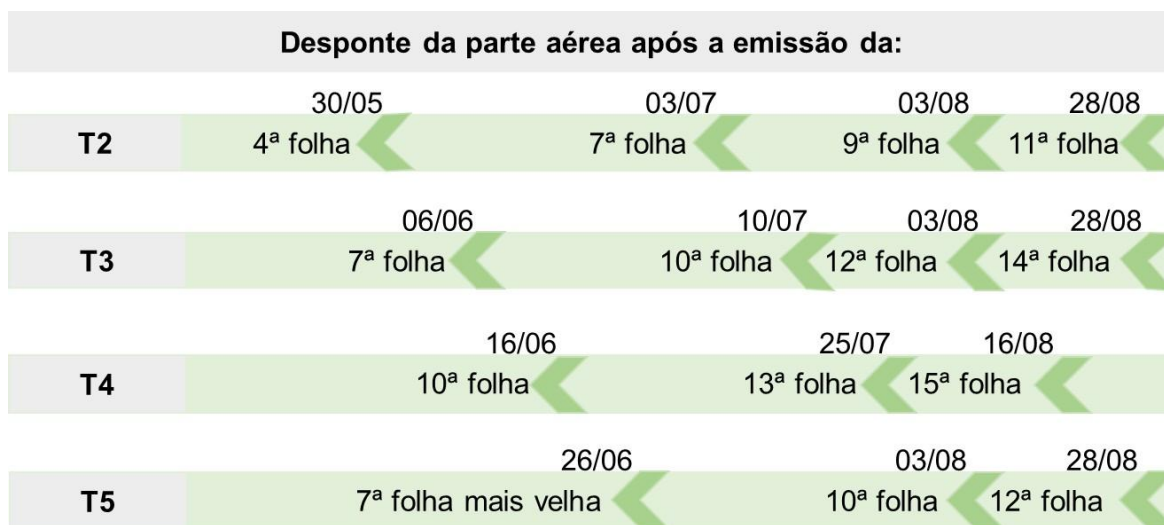
Fonte: elaborado pela própria autora.

Figura 2 - Diagrama ilustrando os tratamentos estudados: manejo da poda apical da parte aérea durante a fase de mudas do maracujazeiro azedo. O círculo com contorno vermelho indica o local da poda.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Figura 3 - Datas de implementação dos tratamentos estudados: manejo da poda apical da parte aérea durante a fase de mudas do maracujazeiro azedo.



Fonte: elaborado pela própria autora.

2.2.2 Instalação e condução do experimento

Em 06 de abril de 2023, sementes certificadas da cultivar 'FB 200 Yellow Master' foram semeadas em sacolas plásticas de polietileno com dimensões de 28x15 cm. Os recipientes continham substrato comercial Mec Plant® composto por casca de pinus acrescido de 8 kg m⁻³ do fertilizante de liberação controlada Basacote® Plus na

formulação 16-8-12 (+2) com período de liberação de 3 meses de acordo as recomendações de Pereira (2021).

Para a execução dos tratamentos quanto às podas apical, a haste principal foi decepada utilizando tesoura de poda com lâminas horizontais. As mudas foram tutoradas por haste de bambu de 1,8 m de altura.

2.2.3 Análises morfológicas

Aos 150 dias após a emergência – DAE, a altura – ALT (cm) da haste principal foi medida com o uso de fita métrica, o diâmetro basal do caule – DC (mm) mensurado a dois centímetros da base da muda com paquímetro digital (DC-60, Western, China), o número total de folhas – NF e o número de folhas trilobadas – NFT por contagem direta e a área foliar total – AFT (cm²) mensurada por integralizador de área foliar de bancada (modelo 3100, LI-COR, USA).

Inicialmente, as mudas foram separadas em caule, folha e raiz. Em seguida, o material foi pesado em balança analítica (BEL Engineering, São Paulo, Brasil) para coletar dos dados de massa fresca da folha – MFF, massa fresca do caule – MFC e massa fresca da raiz – MFR (g). As massas secas correspondentes foram obtidas para a folha – MSF (g), caule – MSC (g) e raiz – MSR (g) após serem submetidas a estufa de circulação de ar forçada (Marconi, modelo MA-035/5, São Paulo, Brasil) a 65 °C por 72 horas. A massa fresca da parte aérea – MFPA foi obtida somando os valores da MFF e MFC, enquanto a massa seca da parte aérea – MSPA foi determinada com base na MSF e MSC. A razão raiz/parte aérea – RRPA (g) foi calculada por meio da relação entre MSR e MSPA.

Anteriormente a obtenção da MSR, o material foi avaliado em relação ao diâmetro ponderado da raiz – DR (mm) e volume da raiz – VR (cm³) por meio da análise de imagens digitalizadas feitas pelo software WinRHIZO Pro 2007 (Regent Instruments, Quebec, Canadá). Para isso, as raízes foram mantidas em solução de álcool a 20% e armazenadas no refrigerador a 10 °C até o momento das análises morfométricas por imagem, conforme metodologia adaptada de Oliveira et al. (2023). As raízes foram dispostas em uma cuba acrílica retangular de 30X40 cm, contendo 1000 mL de água e digitalizadas sobre um scanner de raiz EPSON 10000XL (Epson, Nagano, Japão).

A qualidade das mudas foi avaliada pelo índice de robustez – IR e pelo índice de qualidade de Dickson – IQD. Para o IR, considerou-se a razão entre ALT e DC, e

o para o IQD, utilizou-se a metodologia descrita por Dickson et al. (1960), por meio da seguinte equação: $IQD = [MST / (ALT / DC + MSPA / MSR)]$.

2.2.4 Análises fisiológicas

As análises fisiológicas foram realizadas aos 150 DAE. Foram avaliadas o potencial hídrico foliar - ψ_w na segunda folha totalmente expandida e o teor relativo de água foliar – TRA na terceira folha totalmente expandida em três mudas distintas por parcela em cada período de avaliação. Ambas as análises foram feitas no período antemanhã – am, das 04h30 às 07h00, e ao meio-dia – pm das 12h00 às 14h30.

O Ψ_w (MPa) foi avaliado seguindo a metodologia apresentada por Scholander (1964), utilizando uma câmara de pressão (Modelo 3000, Soil Moisture Equipment Corp., California, Estados Unidos). As folhas foram coletadas, mantidas em sacos zip lock junto com papel toalha úmido e colocadas em isopor com gelo para manter a turgescência dos tecidos até a realização das leituras (Oliveira et al., 2023).

O TRA (%) foliar foi obtido de acordo com a equação $[(MF-MS) / (MT-MS)] \times 100$, conforme descrito por Catsky (1960), em que MF representa a massa fresca, MS a massa seca e MT a massa túrgida. A obtenção da MT foi feita após a imersão de 10 discos foliares de 6 mm em água deionizada por 24 horas, em B.O.D (EletroLab®, EL 202/4, São Paulo, Brasil), a uma temperatura de 25°C. A MS foi obtida após submeter as amostras à estufa de circulação de ar forçado a 65°C por 72h.

Os pigmentos fotossintéticos foram avaliados na primeira folha totalmente expandida coletadas às 08h00 e seguindo a metodologia modificada de Arnon (1949), que dispensa as etapas de maceração e centrifugação dos 10 discos foliares de 6 mm, conforme sugerido por Barbieri Júnior et al. (2010). Os discos foram pesados e colocados em um recipiente com 20 mL de acetona 80% (v/v), devidamente envolvido em papel alumínio e bem vedado. Esses discos foram mantidos em ambiente com ausência de luz por 96h, e em seguida, os teores de clorofilas *a*, *b* e carotenoides foram determinados em espectrofotômetro (Bel, UV-M51, Monza, Itália), nos comprimentos de onda de 663, 646 nm e 470 nm, respectivamente. Os valores obtidos foram convertidos para $mg\ g^{-1}$ de massa fresca foliar, levando em consideração a massa da amostra e o volume de acetona utilizado.

2.3 Ensaio II e Ensaio III: Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em ambiente protegido e em campo aberto a partir de mudas altas submetidas a diferentes tratamentos de podas da parte aérea

2.3.1 Tratamentos e delineamento experimental

Mudas dos tratamentos provenientes do ensaio I, com 146 DAE (19 de setembro de 2023), foram transplantadas para o ambiente protegido para a realização do ensaio II, enquanto as mudas com 174 DAE (17 de outubro de 2023) foram transplantadas para o campo aberto para a condução do ensaio III.

O ensaio II foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco plantas e cinco repetições, totalizando vinte e cinco parcelas. O ensaio III foi conduzido com o mesmo delineamento, porém com cinco plantas e quatro repetições, perfazendo vinte parcelas.

2.3.2 Instalação e condução do experimento

As mudas foram transplantadas para covas previamente adubadas, cujas dimensões eram 0,4 m x 0,4 m x 0,4 m. O espaçamento entre plantas para ambos os ensaios foi de 1,5 m, enquanto no ensaio II foi de 2 m entre as linhas e no ensaio III de 3 m. Com isso, foi garantida uma população de aproximadamente 3.333 plantas ha^{-1} no ensaio II em ambiente protegido e 2.222 plantas ha^{-1} no ensaio III em campo aberto.

As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeira vertical com altura de 1,8 m, utilizando fio galvanizado número 12. A poda de formação foi conduzida da seguinte forma: inicialmente, foi realizado o desponde da haste principal a 10 cm acima do arame; em seguida, foram conduzidos dois ramos secundários próximos ao arame, em direções opostas, até alcançarem 0,75 m de comprimento (metade do espaçamento entre as plantas); então foi realizado a poda para estimular o crescimento dos ramos terciários; por fim, quando os ramos terciários atingiram 1,5 m de comprimento, foi feito o desponde para evitar que eles tocassem a superfície do solo.

As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura estabelecida por Borges e Souza, (2010), no ciclo correspondente. O controle fitossanitário, seguiu tanto as medidas de manejo preventivo quanto curativo, com base nas recomendações disponíveis na base de dados do AGROFIT (MAPA,

2023, 2024). No ensaio II em ambiente protegido, a irrigação foi realizada através do sistema de gotejamento, utilizando gotejadores autocompensantes, com vazão de 4 L hora⁻¹ (Jesus et al., 2018). O ensaio III em campo aberto foi conduzido em condição de sequeiro. A polinização foi realizada de forma artificial, durante o período compreendido entre 13h00 e 17h00, seguindo as orientações de Silva et al. (2022). No ensaio III também houve ainda a polinização natural pelas mamangavas.

2.3.3 Análises morfológicas

Durante o primeiro ciclo de produção, foram registrados os dados referentes ao número de frutos por planta - NFP. A produção foi estimada em kg por planta, multiplicando o número de frutos por planta pelo peso médio dos frutos. Já a produtividade estimada, expressa em t/ha, foi calculada multiplicando a população de plantas por hectare pela produção média por planta (Hafle et al., 2009).

Para o índice de velocidade de florescimento – IVF foram considerados contagens diárias de flores, por 35 dias para o ensaio II em ambiente protegido e ensaio III em campo aberto. Os dados foram calculados partir da modificação da equação proposta por Maguire (1962) para o índice de velocidade de germinação, conforme a equação 1:

$$IVF = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (1)$$

(1) E1, E2 e En = número de flores em plena antese (completamente aberta) na primeira, segunda e última contagem, respectivamente; N1, N2 e Nn = número de dias após o transplântio até primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

Durante os primeiros 41 dias de colheita do ensaio II em ambiente protegido - que ocorreram de 12 de março a 22 de abril de 2024 - e nos primeiros 44 dias de colheita do ensaio III em campo aberto, que se estenderam de 22 de janeiro a 06 de março de 2024, foi determinado o índice de velocidade de colheita 1 (IVC 1). Posteriormente, durante os 50 dias de colheita subsequentes do ensaio II em ambiente protegido, entre 23 de abril e 11 de junho de 2024, e os 46 dias de colheita seguintes do ensaio III em campo aberto, de 07 de março a 22 de abril de 2024, foi calculado o IVC 2. A metodologia utilizada para coletar esses dados seguiu a adaptação da equação proposta por Maguire (1962), conforme descrito na equação 2.

$$IVC = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (2)$$

(2) E1, E2 e En = número de frutos colhidos na primeira, segunda e última colheita, respectivamente; N1, N2 e Nn = número de dias após o transplântio até primeira, segunda e última colheita, respectivamente.

2.3.4 Qualidade físico-química dos frutos

A colheita dos frutos ocorreu diariamente a partir de 175 DAT (12 de março de 2024) até aos 266 DAT (11 de junho de 2024) para o ensaio II em ambiente protegido, e a partir de 97 DAT (22 de janeiro de 2024) até aos 188 DAT (22 de abril de 2024) para o ensaio III em campo aberto. Os frutos foram colhidos no estágio em que apresentavam cerca de 30% da superfície da casca de coloração amarelada e ainda aderidos à planta, conforme recomendações de Lima et al. (2022).

Para às análises físico-químicas, foram coletadas amostras de 40 frutos por parcela, bem distribuídos nos ramos e provenientes do primeiro ciclo de produção, totalizando 200 frutos por tratamento no ensaio II em ambiente protegido e 160 frutos por tratamento no ensaio III em campo aberto.

Foram realizadas medições de diâmetro equatorial do fruto – DF (mm), obtido através da distância máxima no sentido transversal e comprimento do fruto – CF (mm) obtido na região longitudinal. Para essas medidas, utilizou-se paquímetro digital (DC-60, Western, China). Os frutos foram pesados individualmente em balança analítica para obter o peso - PF (g). Em seguida, foram cortados na região de maior diâmetro e despulpados para a coleta dos valores de peso da casca - PC (g) e peso da polpa (semente com arilo) – PP (g). A espessura da casca – EC (mm) foi determinada utilizando paquímetro digital em três pontos com posterior média. O rendimento da polpa – RP (%) foi calculado a partir da razão entre: peso da polpa e peso do fruto $\times 100$. Utilizou-se alíquotas do suco extraído de cada fruto, sem diluição, para as análises de sólidos solúveis totais e pH. Os sólidos solúveis foram determinados com auxílio de um refratômetro digital portátil (Atago, modelo PR-32 α , Japão), enquanto o pH foi medido com um potenciômetro digital (Digimed, modelo DM-20).

2.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software AgroEstat. Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variância (Cochran). Após a aprovação desses testes, procedeu-se à análise de

variância (ANOVA) utilizando o teste F para determinar o efeito dos fatores. Posteriormente, foi realizado o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparar as médias dos tratamentos.

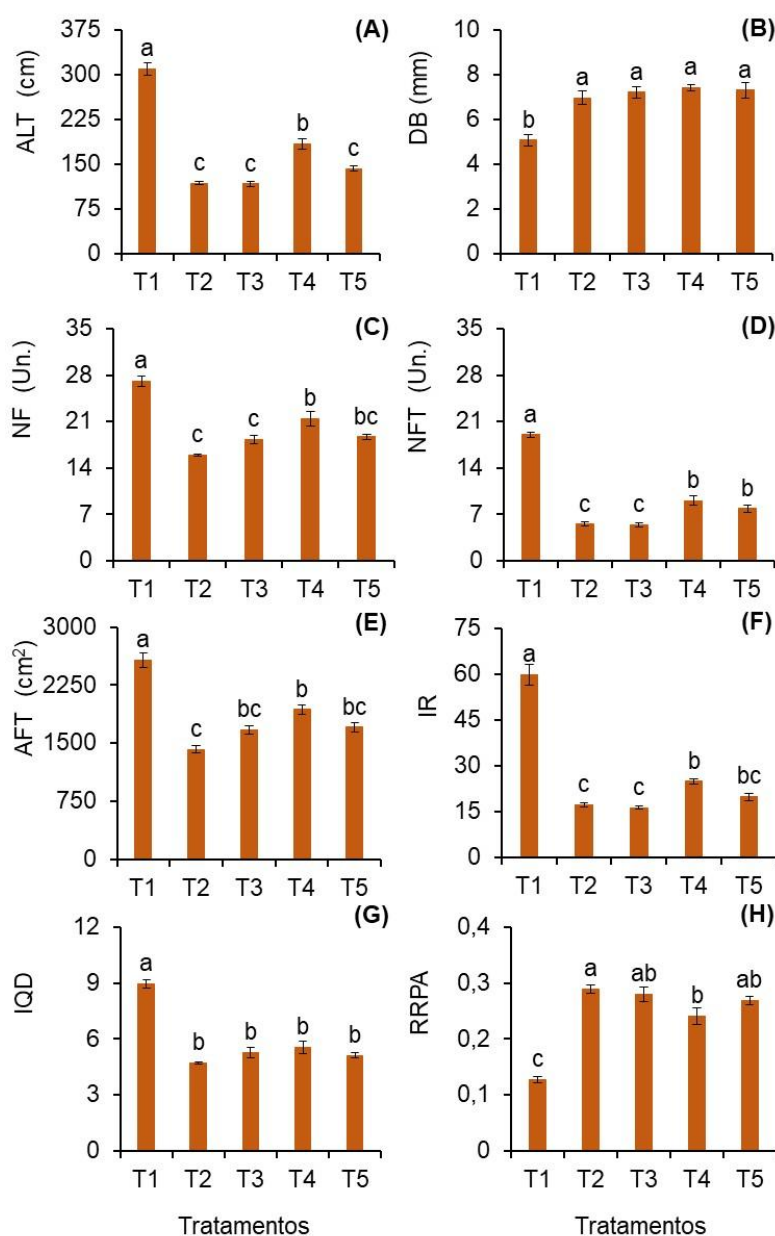
3. RESULTADOS

3.1 Ensaio I: Produção de mudas altas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis*) em função de diferentes tratamentos de podas da parte aérea

Os efeitos das podas realizadas na parte aérea das mudas altas de maracujazeiro foram observados na morfologia e qualidade das mudas em todos os parâmetros avaliados aos 150 dias após a emergência, com exceção da massa seca das raízes. No entanto, ao analisar os parâmetros fisiológicos e bioquímicos, verificou-se efeito dos tratamentos apenas no potencial hídrico foliar na antemanhã e ao meio-dia, e para o teor de carotenoides (Apêndice B e Apêndice C).

Em relação à altura, observou-se aumentos de 62,04% (192,41 cm), 62,4% (193,54 cm), 40,83% (126,66 cm) e 54,05% (167,66 cm) no tratamento controle, em comparação com as mudas submetidas aos seguintes tratamentos de poda: T2, T3, T4, e T5, respectivamente (Figura 4 A). O crescimento pronunciado da haste nas mudas do tratamento controle resultou em um maior número de folhas, número de folhas trilobadas e área foliar total em relação às mudas submetidas à poda, com aumentos de 20 a 42%, 52 a 72% e 24 a 45%, respectivamente (Figura 4 C, D, E). Quando estudado individualmente as mudas submetidas à poda, os tratamentos T2 e T3 apresentaram menor altura, número de folhas e folhas trilobadas em comparação com o T4, enquanto o T5 diferiu do T4 apenas em relação à altura (Figura 4 A, C, D).

Figura 4 – Características morfológicas de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’, aos 150 dias após a emergência, em resposta ao manejo da poda apical: controle (sem realização de poda) – T1; desponste após a 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folha – T2; desponste após a 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folha – T3; desponste após a 10^a, 13^a e 15^a folha – T4 e desponste após a 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folha – T5. (A): altura – ALT; (B): diâmetro basal – DB; (C): número de folhas – NF; (D): número de folha trilobada - NFT; (E): área foliar total – AFT; (F): índice de robustez – IR; (G): índice de qualidade de Dickson – IQD e (H): razão raiz parte aérea – RRPA. Letras minúsculas semelhantes não diferem ao nível de 5% pelo teste Tukey.



Fonte: elaborado pela própria autora.

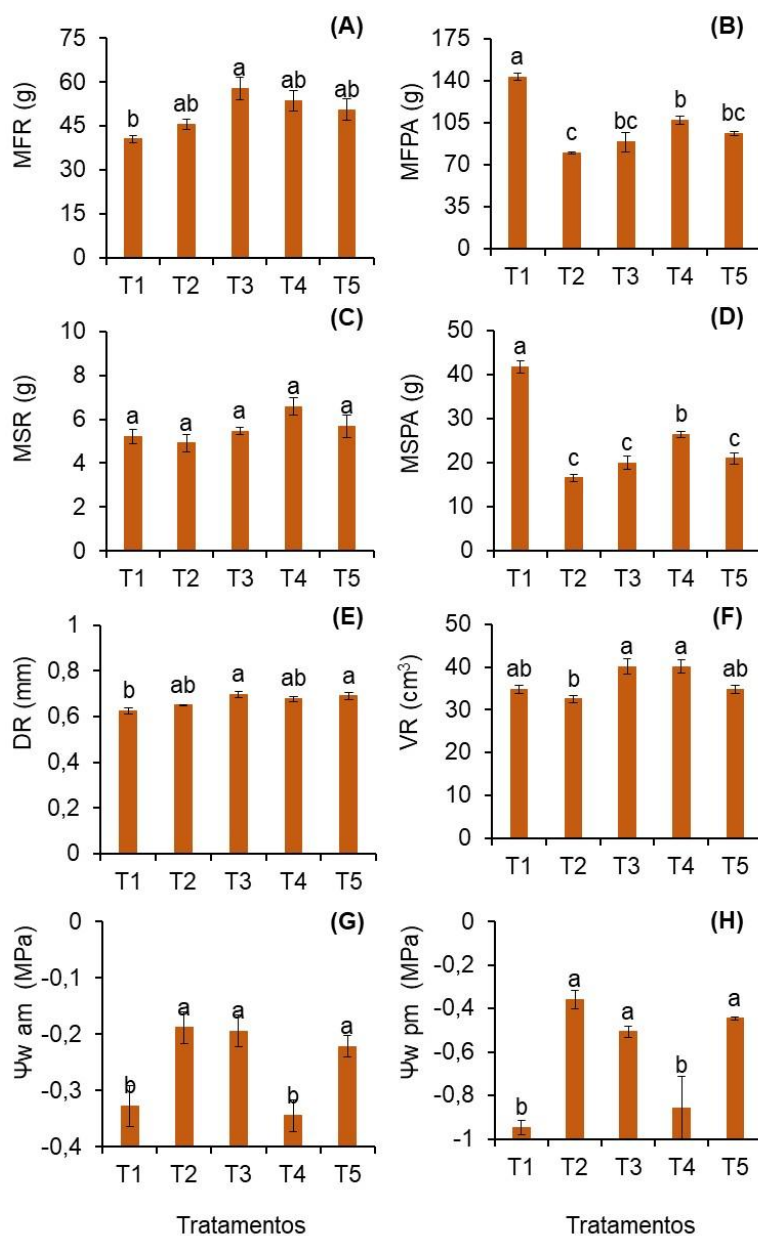
Após 150 dias da estabilização da emergência, foi observado que os índices de qualidade de mudas foram superiores nas mudas do tratamento controle (Figura 4 F, G). Para o índice de robustez, os tratamentos T2, T3 e T5 apresentaram resultados semelhantes entre si, assim como T4 e T5 (Figura 4 F). Já no índice de qualidade de Dickson, não houve diferenças entre as mudas com diferentes níveis de podas (Figura 4 G).

Por outro lado, constatou-se que o diâmetro do caule aumentou quando aplicado o manejo de poda em mudas de maracujazeiro azedo, sem diferenças notáveis entre as podas (Figura 4 B). Houve um aumento de 37,35%, 42,49%, 46,64% e 42,26% nos tratamentos T2, T3, T4 e T5, respectivamente, em relação ao tratamento controle.

O aumento do acúmulo de massa na parte aérea, em detrimento do crescimento radicular, refletiu em uma menor razão raiz/parte aérea para o tratamento controle (Figura 4 H e Figura 5 D). Essa relação foi semelhante nos tratamentos T2, T3 e T5, assim como entre T3, T4 e T5, com todos os manejos de poda da parte aérea apresentando-se superioridade ao tratamento controle (Figura 4 H).

No presente estudo, foi observado que as mudas com a primeira poda realizada acima da 7ª folha (T3) apresentaram maior massa fresca radicular em comparação ao tratamento controle, não havendo diferenças significativas entre os demais tratamentos (Figura 5 A). Esse aumento representou 42,72%. Contudo, ao analisar o volume das raízes, essa diferença não se manteve, havendo homogeneidade entre os dados para o tratamento controle e o tratamento T3, persistindo apenas a diferença no diâmetro da raiz (Figura 5 E, F). O tratamento T4, foi similar ao tratamento controle ao considerar os parâmetros radiculares e potencial hídrico foliar na antemanhã e meio-dia (Figura 5 A, C, E, F, G, H).

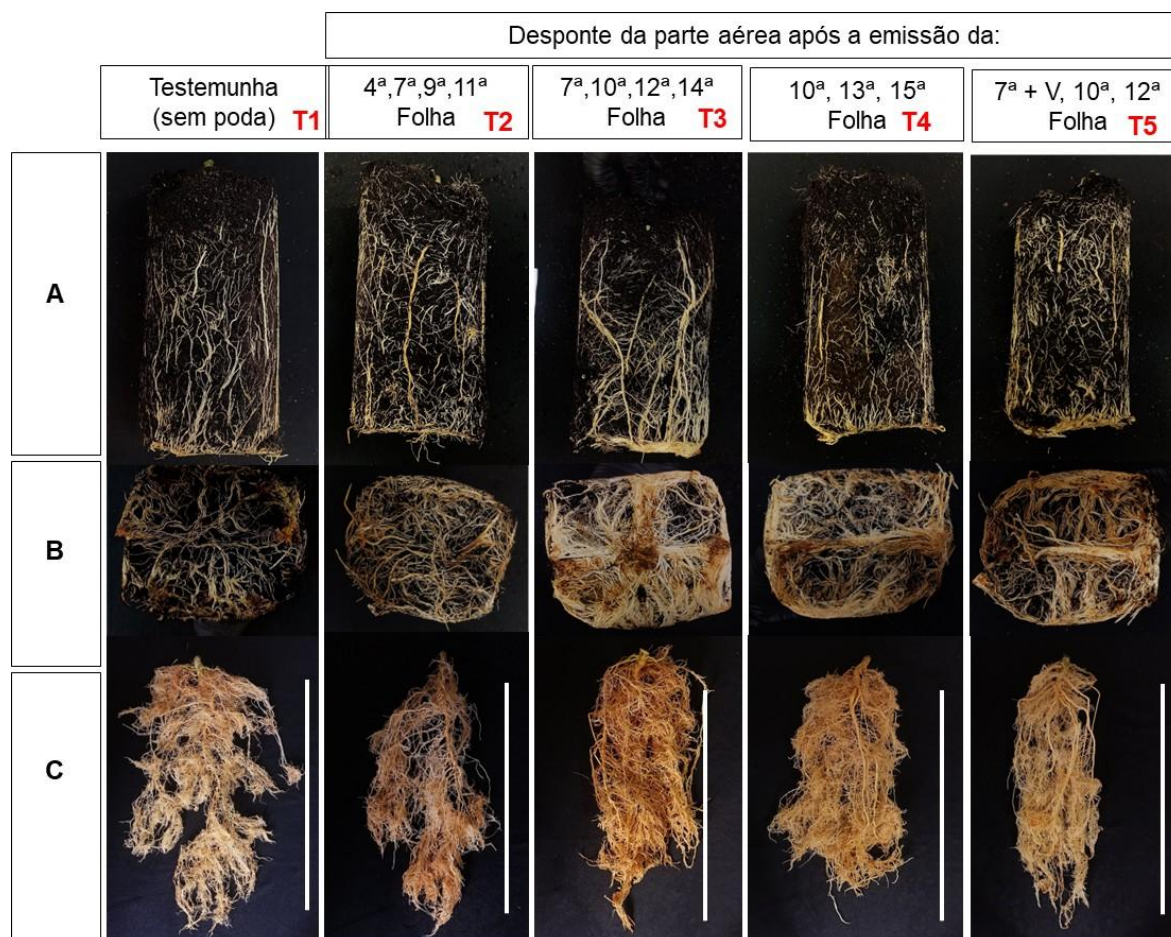
Figura 5 – Características morfológicas de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’, aos 150 dias após a emergência, em resposta ao manejo da poda apical: controle (sem realização de poda) – T1; desponte após a 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folha – T2; desponte após a 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folha – T3; desponte após a 10^a, 13^a e 15^a folha – T4 e desponte após a 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folha – T5. (A): massa fresca da raiz – MFR; (B): massa fresca da parte aérea – MFPA; (C): massa seca da raiz – MSR; (D): massa seca da parte aérea – MSPA; (E): diâmetro ponderado da raiz – DR e (F): volume da raiz – VR. (G, H): potencial hídrico foliar ao amanhecer e ao meio-dia – ψ_w am, ψ_w pm. Letras minúsculas semelhantes não diferem ao nível de 5% pelo teste Tukey.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Verificou-se incrementos nos valores de potencial hídrico foliar no antemanhã e ao meio-dia em comparação com ao tratamento controle, quando foram adotadas as técnicas de poda T2, T3 e T5, resultando em acréscimos de 42,51%, 43,75% e 32,30% na antemanhã e 62,05%, 50,19% e 53,06% ao meio-dia, respectivamente (Figura 5 G, H). Observou-se que as raízes dos tratamentos T3, T4 e T5 apresentaram sinais iniciais de enovelamento, conforme ilustrado na Fig. 6.

Figura 6 – Sistema radicular de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’ aos 150 dias após a emergência, em resposta ao manejo de poda apical da parte aérea. Arquitetura radicular ao longo da parede lateral (A) e da face inferior do recipiente (B). Arquitetura radicular na ausência de substrato de crescimento (C). Barra de escala = 30 cm.



Fonte: elaborado pela própria autora.

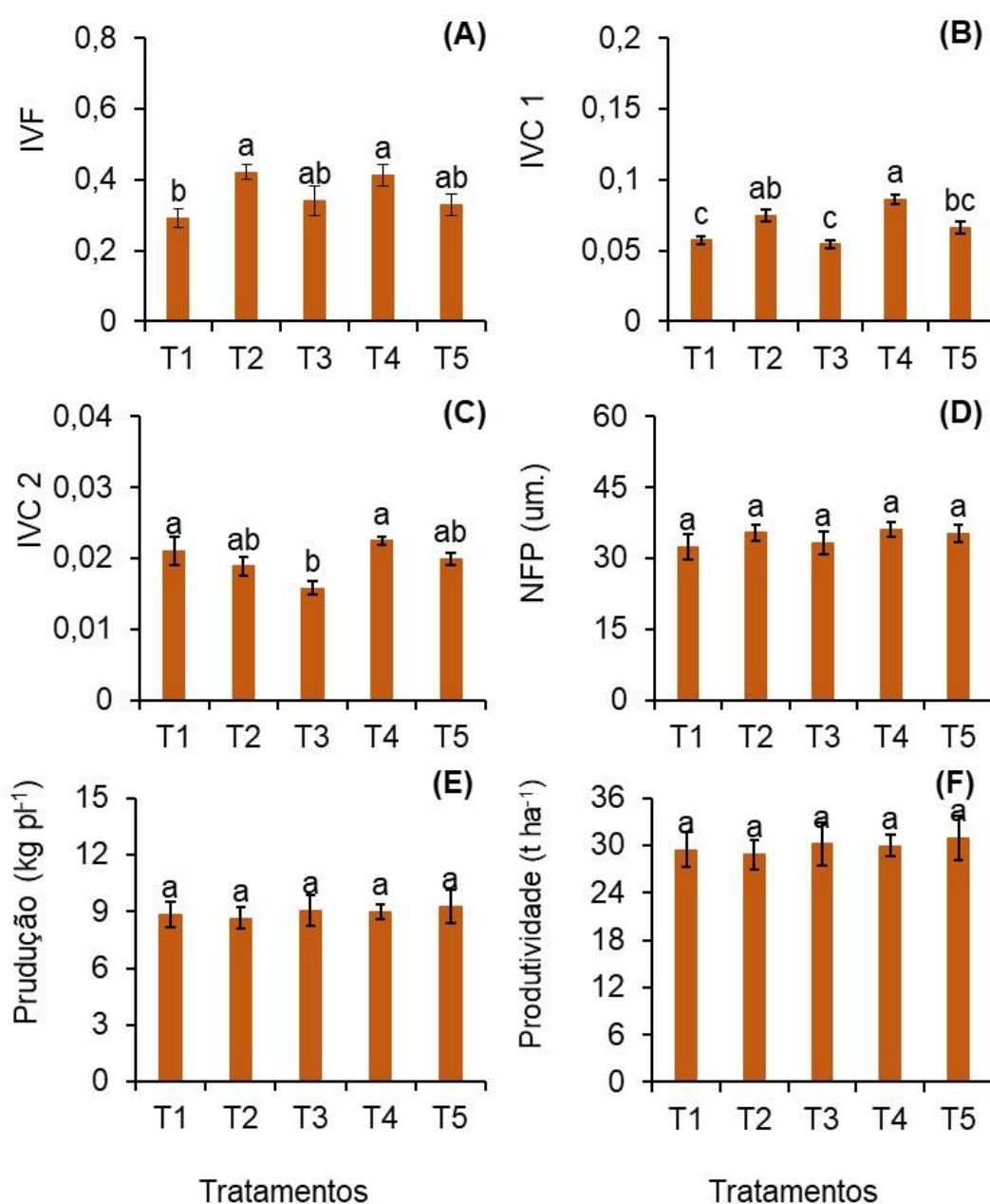
3.2 Ensaio II: Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em ambiente protegido a partir de mudas altas submetidas a diferentes tratamentos de podas da parte aérea

Houve efeito significativo dos tratamentos para o índice de velocidade de florescimento e índice de velocidade de colheita nos dois períodos avaliados em ambiente protegido. O número de fruto por planta, produção, produtividade e características físico-químicas dos frutos não foram influenciados pelo manejo da poda durante a fase de muda, exceção feita ao pH para o qual foi verificado efeito (Apêndice D).

O índice de velocidade de florescimento teve um acréscimo de 44,19% no tratamento T2 e de 41,30% no tratamento T4 em comparação com ao tratamento controle. Já os valores dos demais tratamentos (T3 e T5) foram semelhantes (Figura 7 A). Esses resultados podem ter influenciados o índice de velocidade de colheita 1 (IVC1), que ocorreu entre 12 de março a 22 de abril. Para o IVC1, os tratamentos T2 e T4 foram superiores em relação ao tratamento controle e ao tratamento T3, porém, o tratamento T2 foi estatisticamente equivalente ao T5. A diferença entre os tratamentos T2 e T4 em relação ao tratamento controle foi de 106,5 e 129,5%, respectivamente (Figura 7 B).

Nas colheitas seguintes, de 22 de abril a 11 de junho de 2024, para determinar o IVC2, foi observado que o tratamento controle seguiu o ritmo de colheita dos tratamentos T2 e T4, permaneceu igual ao T5 e se tornou superior ao tratamento T3 (Figura 7 C).

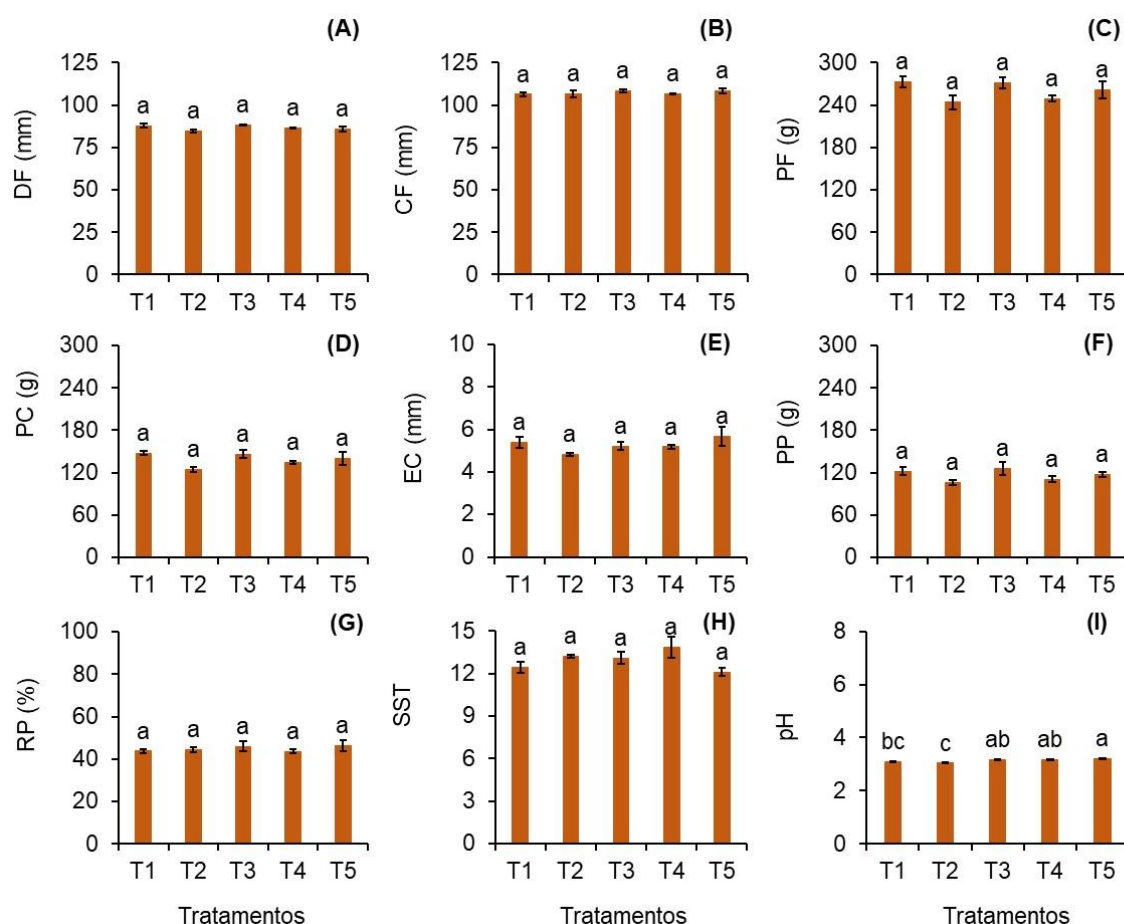
Figura 7 – A): índice de velocidade de florescimento – IVF; (B): índice de velocidade de colheita 1 – IVC 1 (12/03/2024 a 22/04/2024); (C): IVC 2 (23/04/2024 a 11/06/2024); (D) número de frutos por planta – NFP; (E): produção por planta e (F): produtividade de plantas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’ cultivadas em ambiente protegido, em resposta ao manejo da poda apical na fase de mudas: controle (sem realização de poda) – T1; desponte após a 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folha – T2; desponte após a 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folha – T3; desponte após a 10^a, 13^a e 15^a folha – T4 e desponte após a 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folha – T5.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Os frutos das plantas do tratamento T5 se destacaram por possuírem valores de pH maiores em comparação ao tratamento controle e T2, sendo 3,43 e 5,35%, respectivamente. Por outro lado, dentre os tratamentos, o T2 foi o que apresentou o menor pH, mantendo-se similar apenas ao tratamento controle (Figura 8 I).

Figura 8 – Qualidade físico-química dos frutos de plantas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’ cultivadas em ambiente protegido, em resposta ao manejo da poda apical na fase de mudas: controle (sem realização de poda) – T1; desponete após a emissão da 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folha – T2; desponete após a 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folha – T3; desponete após a 10^a, 13^a e 15^a folha – T4 e desponete após a 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folha – T5. (A): diâmetro do fruto – DF; (B): comprimento do fruto – CF; (C): peso do fruto – PF; (D): peso da casca – PC; (E): espessura da casca – EC; (F): peso da polpa – PP; (G): rendimento de polpa com semente – RP; (H): sólidos solúveis totais – SST e (I): pH. Letras minúsculas semelhantes não diferem ao nível de 5% pelo teste Tukey.



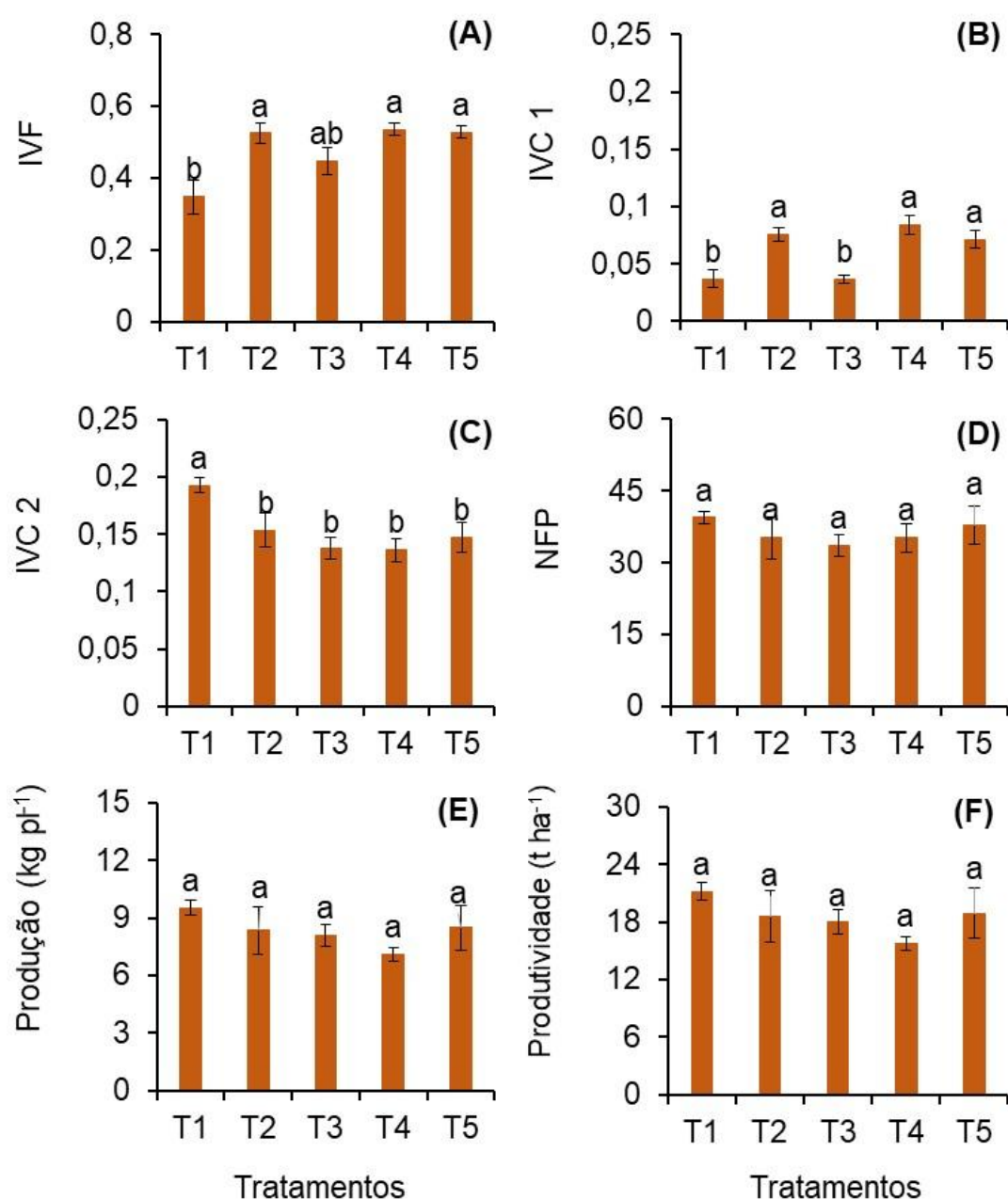
Fonte: elaborado pela própria autora.

3.3 Ensaio III: Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo em campo aberto a partir de mudas altas submetidas a diferentes tratamentos de podas da parte aérea

O índice de velocidade de florescimento, índice de velocidade de colheita nos primeiros quarenta e quatro dias da safra (IVC 1) e nos quarenta e seis dias subsequente (IV2) foram afetados pelo manejo da poda durante a fase de muda. No entanto, esses resultados não influenciaram o número de frutos por planta, produção e produtividade. Dentre os parâmetros indicadores da qualidade físico-química dos frutos, verificou-se impacto dos tratamentos das podas na fase de muda somente em relação ao peso do fruto, peso da polpa e pH nas condições de cultivo em campo aberto (Apêndice E).

Em relação ao índice de velocidade de florescimento, T2, T4 e T5 tiveram desempenho superior ao do tratamento controle, com incrementos de 50,8; 53,73 e 51,57%, respectivamente (Figura 9 A). Esses resultados impactaram diretamente no IVC 1, sendo observado um aumento de 106,59; 129,53 e 94,85% respectivamente, em comparação com ao tratamento controle (Figura 9 B). No entanto, esse padrão não se manteve nas colheitas subsequentes (IVC 2), demonstrando efeito oposto: o tratamento controle apresentou percentuais de 20,51; 28,78; 29,32 e 23,69% superior em relação a T2, T3, T4 e T5, respectivamente (Figura 9 C).

Figura 9 – (A): índice de velocidade de florescimento – IVF; (B): índice de velocidade de colheita 1 – IVC 1 (22/01/2024 a 06/03/2024); (C): IVC 2 (07/03/2024 a 22/04/2024); (D) número de frutos por planta – NFP; (E): produção por planta e (F): produtividade de plantas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’ cultivadas em campo, em resposta ao manejo da poda apical na fase de mudas: controle (sem realização de poda) – T1; desponte após a 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folha – T2; desponte após a 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folha – T3; desponte após a 10^a, 13^a e 15^a folha – T4 e desponte após a 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folha – T5.

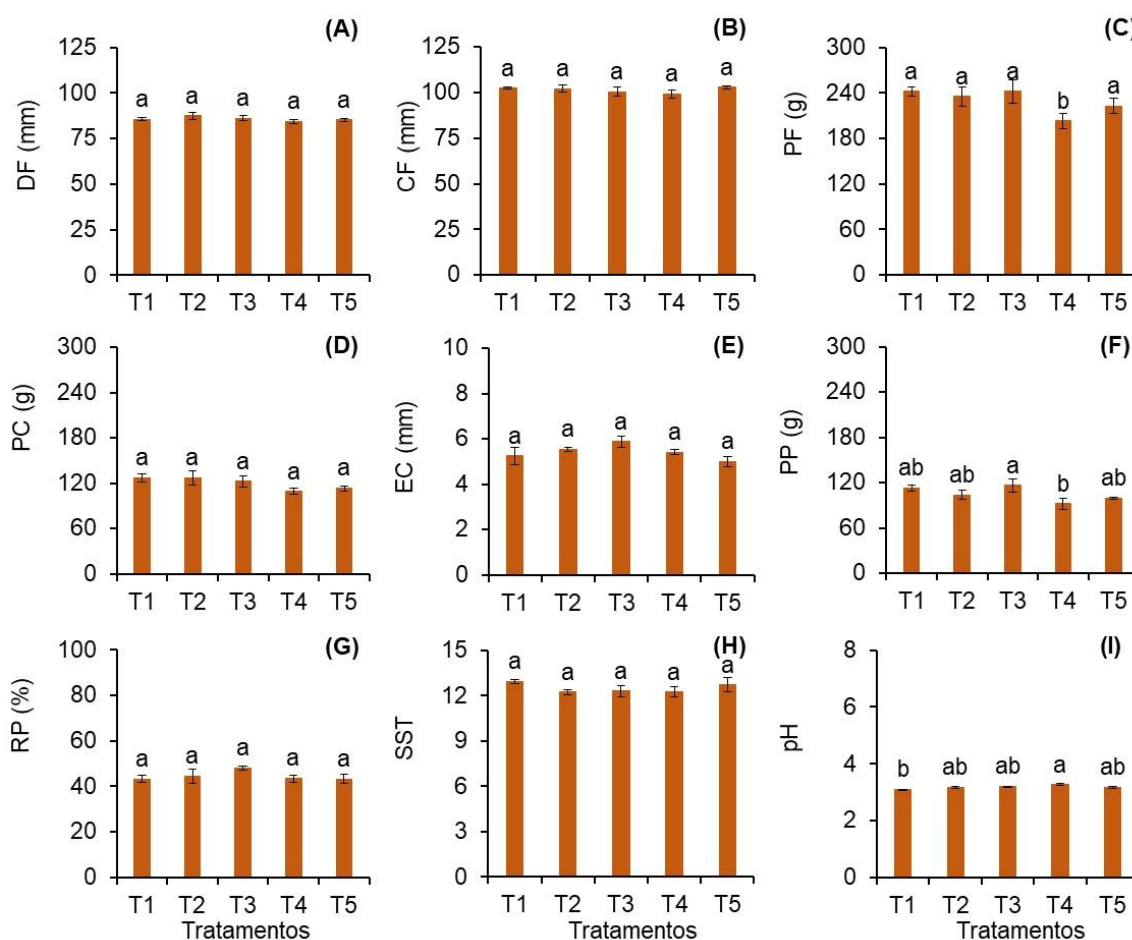


Fonte: elaborado pela própria autora.

O peso do fruto das plantas provenientes do tratamento T4 foi inferior em relação aos demais tratamentos. Entretanto, ao analisar o peso da polpa, essa diferença foi observada apenas em comparação ao tratamento T3 (Figura 10 C, F). Enquanto o fruto apresentou um peso de 38,7; 32,1; 38,71 e 19,35 g menor em relação aos tratamentos T1, T2, T3 e T5, respectivamente, o peso da polpa foi 24,25 g inferior em relação ao tratamento T3.

Ao estudar o pH, constatou-se diferença apenas entre o tratamento T4 e o tratamento controle, permanecendo os demais tratamentos uniformes em relação a estes. Contudo, é importante destacar que o acréscimo do tratamento T4 em relação ao tratamento controle foi mínimo, representando apenas 5,19% (Figura 10 I).

Figura 10 – Qualidade físico-química dos frutos de plantas de maracujazeiro azedo da cultivar ‘FB 200 Yellow Master’ cultivadas a campo, em resposta ao manejo de poda apical durante a fase de muda: T1: controle (sem poda); T2: desponete após a 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folha; T3: desponete após a 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folha; T4: desponete após a 10^a, 13^a e 15^a folha; e T5: desponete após a 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folha. (A): diâmetro do fruto – DF; (B): comprimento do fruto – CF; (C): peso do fruto – PF; (D): peso da casca – PC; (E): espessura da casca – EC; (F): peso da polpa – PP; (G): rendimento da polpa com sementes – RP; (H): sólidos solúveis totais – SST; e (I): pH. Letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa ao nível de 5% segundo o teste de Tukey.



Fonte: elaborado pela própria autora.

4. DISCUSSÃO

Em consonância com estudos anteriores, o manejo da poda na fase de mudas promoveu incrementos no diâmetro do caule e diâmetro da raiz (Cao et al., 2022; Yang et al., 2023). Quando a poda interrompe o transporte de fotossintatos na direção

basípeta, estes se acumulam em áreas específicas da planta, impulsionando o crescimento radial (Levin e Dejong, 2023). Esse crescimento é principalmente regulado pela atividade das células meristemáticas no câmbio vascular e pelo desenvolvimento das células do xilema (Sprengel et al., 2018). Além disso, com o manejo de poda, pode-se considerar que a redução nos níveis de auxina possivelmente tenha estimulado o aumento dos níveis de citocinina, promovendo a divisão e o alongamento celular (Marini et al., 2020).

O diâmetro do caule e a altura da parte aérea são parâmetros que permitem avaliar o nível de estiolamento, que se refere ao alongamento desequilibrado da haste principal (Porto et al., 2021). Para determinar esse efeito, utiliza-se o índice de robustez (IR). Quanto menor o valor desse índice, maior a robustez, ou seja, a qualidade das mudas (Porto et al., 2021). Esse aspecto foi observado no presente estudo em relação ao manejo da poda.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) complementa as informações referentes a esta análise. Ao fazer análise dos resultados deste estudo, verifica-se que o tratamento controle, sem manejo de poda, apresentou um IQD superior. Esse resultado foi afetado pela maior massa seca da parte aérea e pela altura da haste principal. Entretanto, esses dados dificultam a interpretação dos resultados quando relacionados a qualidade de mudas, uma vez que ainda não há valores de referência para o IQD em mudas altas de maracujazeiro.

Neste estudo, as mudas do tratamento controle, apresentaram maior número de folhas, resultando em maior área foliar. Sabe-se que a maior área foliar induz maior interceptação luminosa e, portanto, uma maior taxa de fotossíntese, acarretando um acúmulo de massa seca (Chen et al., 2021; Yang et al., 2021).

O aumento da massa fresca radicular para o tratamento T3, pode estar relacionado com a redução da área foliar, conforme observado com o manejo da poda. A redução da capacidade do fluxo transpiratório pode resultar em diminuição na taxa de transporte de água das raízes para a parte aérea, pela corrente transpiratória (Teixeira et al., 2023).

Para o volume das raízes, observou maiores valores para o tratamento T3 em relação ao T2. No entanto, é fundamental considerar também como as raízes se dispõem ao longo do recipiente. Se o recipiente não possui espaço suficiente para acomodar o crescimento vigoroso das raízes, isso pode levar ao enovelamento, que pode impactar negativamente o desenvolvimento radicular após o transplante,

dificultando a absorção de água e nutrientes. Embora não exista uma metodologia específica para avaliar o enovelamento das raízes em mudas de maracujazeiro, observou-se, visualmente, indícios de enovelamento inicial no tratamento T3. Esse fenômeno pode explicar os atrasos nas etapas subsequentes do cultivo para esse tratamento, conforme notado tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido, através do menor índice de velocidade de florescimento. Segundo Cho et al. (2017), deficiência de água ou nutrientes podem prolongar a fase juvenil das plantas. Portanto, o maior vigor radicular do tratamento T3 na fase de mudas, não afetou as fases subsequentes do cultivo.

O manejo da poda apical nas mudas, considerando todas as intensidades de poda, foi acompanhado de um maior particionamento de fotoassimilados para o sistema radicular em detrimento da parte aérea em relação ao tratamento controle quando avaliado a razão raiz/parte aérea. Uma distribuição balanceada entre massa seca da parte aérea e massa seca da raiz contribui para uma maior estabilidade no campo (Dionisio et al., 2021), desde que tenha uma adequação do recipiente de propagação em relação à disposição das raízes conforme discutido anteriormente para o tratamento T3. De acordo com White (2019), a maior proporção de biomassa alocada às raízes é um fator determinante na absorção de nutrientes pelas plantas.

O potencial hídrico foliar é fortemente relacionado a condutância estomática (Beegum et al., 2023) e área foliar (Andrade et al., 2024). A maior área foliar nas mudas do tratamento controle e o tratamento T4 pode ter contribuído para uma maior taxa de transpiração, resultando na redução do potencial hídrico foliar. Dessa forma, as intervenções de poda impactaram as relações hídricas da muda, promovendo uma maior energia livre da água nos tecidos, como evidenciado pelos valores mais elevados de potencial hídrico nos tratamentos T2, T3 e T5. Valores mais positivos de potencial hídrico permitem que as mudas realizem maiores taxas fotossintéticas, possibilitando o desenvolvimento de outros tecidos (Teixeira et al., 2023).

Nesse contexto, avaliações condizentes a parâmetros morfológicos e fisiológicos são os primeiros indicativos para inferir sobre a qualidade das mudas (Grossnickle e MacDonald, 2018). Entretanto, é necessário avaliações do desenvolvimento das mudas após o transplante, para a determinação final do melhor tratamento.

Neste estudo, resultados relevantes para o índice de velocidade de florescimento e de colheita foram observados para os tratamentos T2 e T4 em relação

ao tratamento controle, tanto em ambiente protegido quanto em campo aberto. Estes resultados sugerem que tais respostas podem estar associadas ao balanço endógeno via menores níveis de auxina e maiores de citocinina (Maggioni et al., 2021) e sacarose (Gioppato e Dornelas, 2021) promovidos pela poda. Assim, existe uma relação entre os teores de carboidratos (açúcares, amido) e dominância apical (Sing et al., 2022).

A transição entre as fases juvenil, adulta vegetativa e adulta reprodutiva é realizada por redes complexas de interações que envolvem estímulos ambientais como fotoperíodo e temperatura, e fatores endógenos, como balanço hormonal e níveis de açúcares (Gioppato e Dornelas, 2021). Dentre os diversos microRNAs já identificados, dois desempenham funções fundamentais nesse processo de transição de fases: o *miR156*. Enquanto o *miR156* está relacionado às características juvenis, altos níveis de açúcares atuam como sinal de supressão de sua expressão, promovendo, assim, a transição da fase juvenil para a adulta reprodutiva.

Em conjunto, essas informações sugerem em uma primeira instância (nos primeiros 41 a 44 dias de colheita) que o desponte apical na fase de muda pode ser determinante quando se deseja antecipar a colheita no campo aberto e ambiente protegido. Entretanto, esse manejo não conferiu maior produção e produtividade por planta durante a primeira safra.

Na primeira safra do cultivo em campo aberto, a produção variou de 7 a 9,5 kg planta⁻¹ e uma produtividade entre 16 e 21 t ha⁻¹. Enquanto no ambiente protegido de 8,6 a 9,2 kg planta⁻¹ e uma produtividade entre 28 e 31 t ha⁻¹. Os valores de produtividade observados na primeira safra deste estudo, tanto em campo aberto, quanto em ambiente protegido, superam a média nacional de 15,3 t ha⁻¹ (IBGE, 2022) que considera todas as safras do ano. É importante frisar o impacto desses resultados nas primeiras safras, especialmente considerando a crescente tendência do cultivo anual e aumento da pressão de doenças nas áreas de cultivo.

No estudo realizado por Wang et al. (2023), foi analisado a cultura do maracujazeiro em dois ambientes: em campo aberto com temperatura média diária de 25°C e em ambiente protegido com temperatura média de 38°C. Os autores notaram um aumento nos níveis de malondialdeído nas plantas cultivadas sob condições protegidas, sendo este um indicador fundamental para avaliar o nível de dano à membrana celular. Além disso, identificaram menor número e tamanho de botões florais. Foi constatado que o estresse causado por temperaturas elevadas

compromete a taxa de reações metabólicas e as funções fisiológicas celulares. Segundo os autores, quando o estresse térmico ultrapassa a capacidade de regulação do organismo, surgem os sinais visíveis de dano térmico.

Embora as propriedades físico-químicas dos frutos tenham sido pouco alteradas em ambos os sistemas de cultivo pelos tratamentos com o manejo da poda em fase de muda, os frutos permaneceram dentro dos padrões ideais exigidos pela classificação para fins de comercialização. Considerando a classificação comercial definida pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGESP (CEAGESP, 2023), na primeira safra, tanto em campo quanto em ambiente protegido, os frutos em média corresponderam à categoria Super A, com diâmetro superior a 85 mm.

Conforme Cavichioli et al. (2011) destacaram, os aspectos referentes às dimensões dos frutos possuem relevância visual no mercado de frutas frescas, onde há preferência por frutos grandes e com formato ovalado. No cultivo em campo aberto, os valores médios de diâmetro e comprimento atingiram 85,71 e 101,36 mm, respectivamente. Já em ambiente protegido, esses valores foram de 86,67 e 107,33 mm, respectivamente.

Neste estudo, foi observado que em ambiente protegido a espessura média da casca do fruto foi de 5,2 mm, enquanto para o cultivo em campo aberto obteve-se valores de 5,4 mm. A espessura da casca é um atributo altamente avaliado pelos produtores de maracujazeiro, sendo desejado espessura menor (Vieira et al., 2022; Viera et al., 2020), já que a casca do maracujá corresponde a 40 a 60% do peso total da fruta (Rosário et al., 2022).

Independentemente da intensidade de poda utilizada, os frutos produzidos em ambiente protegido apresentaram peso médio de 240 g para a cultivar 'FB 200 Yellow Master', conforme o esperado de acordo com as características da cultivar (Flora Brasil, 2024). Entretanto, em condições de campo aberto, para o tratamento T4 obteve-se peso menor dos frutos, o que pode ser atribuído a uma carga maior de frutos no início do desenvolvimento reprodutivo das plantas. Esse resultado pode ter refletido em menor peso de polpa em comparação com o T3.

Quando as plantas apresentam precocidade reprodutiva, pode ocorrer uma maior demanda de energia, o que pode resultar em uma diminuição do metabolismo e afetar ligeiramente o desenvolvimento dos frutos. No entanto, para o maracujazeiro, quando se deseja a produção precoce, isso não se torna um fator negativo.

Nos dois cenários de estudo, o rendimento de polpa foi superior a 40% para todos os tratamentos estudados. Frutos com maior diâmetro e menor espessura da casca podem influenciar no maior rendimento da polpa (Negreiros et al., 2007, Chavarria-Perez et al., 2020). Estudos de Krause et al. (2012) e Pereira et al. (2018) identificaram resultados semelhantes ao analisarem a cultivar 'FB 200 Yellow Master'.

Conforme as diretrizes técnicas para estabelecer os critérios de identidade e qualidade da polpa de maracujá determinadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016), os níveis de sólidos solúveis e pH dos frutos de maracujá analisados neste estudo, tanto em campo quanto em ambiente protegido, encontram-se dentro dos padrões ideais, acima de 11°Brix e 2,7 de pH.

Esses resultados fornecem uma nova abordagem de manejo para mudas de maracujazeiro que permanecem em viveiro entre cinco e seis meses nas condições ambientais estudadas. Além disso, trazem novas perspectivas para colheitas em curto prazo após o plantio em ambiente protegido e campo aberto. Isso se torna ainda mais relevante em meio a um cenário de mudanças climáticas e especialmente a crescente ameaça de doenças nas áreas de cultivo cada vez mais cedo.

5. CONCLUSÕES

A condução da poda em mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar 'FB 200 Yellow Master' resultou em aumento da massa fresca e do diâmetro das raízes no tratamento T3 (desponte da parte aérea acima da 7ª, 10ª, 12ª e 14ª folhas), em relação ao tratamento controle, além de ter impactado positivamente no diâmetro do caule independentemente da intensidade de poda. Isso se refletiu em mudas mais robustas quando avaliado o índice de robustez.

A precocidade reprodutiva do maracujazeiro tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido foi otimizada quando adotado o manejo da poda na fase de muda. Entretanto, a poda não impactou a produção, produtividade e a quase totalidade das características físico-químicas dos frutos. Os tratamentos T2 (desponte da parte aérea acima da 4ª, 7ª, 9ª e 11ª folhas), T4 (desponte da parte aérea acima da 10ª, 13ª e 15ª folhas) e T5 (desponte da parte aérea acima da 7ª folha mais velha, 10ª e 12ª folhas) induziram os maiores índices de velocidade de florescimento e colheita nos primeiros quarenta e quatro dias de produção em campo aberto, enquanto T2 e T4 se destacaram em ambiente protegido nos primeiros quarenta e um dias de produção.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- AGHAV, R. D.; HALDANKAR, P. M.; PARULEKAR, Y. R.; MALSHE, K. V.; DALVI, V. V. Special horticultural practices for early induction of flowering in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ratna. **Journal of Eco-friendly Agriculture**, v. 18, p. 115-118, 2023. <http://dx.doi.org/10.5958/2582-2683.2023.00019.9>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDRADE, M. T.; CARDOSO, A. A.; OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, T. S.; HAVERROTH, E. J.; SOUZA, G. A.; DAMATTA, F. M.; ZSÖGÖN, A.; MARTINS, S. C. Enhanced drought resistance in tomato via reduced auxin sensitivity: delayed dehydration and improved leaf resistance to embolism. **Physiologia Plantarum**, v. 176, n. 3, e-14408, 2024. <https://doi.org/10.1111/ppl.14408>
- ANTUNES, L. F. S.; VAZ, A. F. de S.; MARTELLETO, L. A. P.; LEAL, M. A. de A.; ALVES, R. dos S.; FERREIRA, T. dos S.; RUMJANEK, N. G.; CORREIA, M. E. F.; ROSA, R. C. C.; GUERRA, J. G. M. Sustainable organic substrate production using millicompost in combination with different plant residues for the cultivation of *Passiflora edulis* seedlings. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, p. 1-13, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102612>
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplast: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.
- BARBIERI JÚNIOR, E.; ROSSIELLO, R. O. P.; MORENZ, M. J. F.; RIBEIRO, R. C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-tifton 85. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 633-636, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000300022>
- BEEGUM, S.; TIMLIN, D.; REDDY, K. R.; REDDY, V.; SUN, W.; WANG, Z.; FLEICHER, D.; RAY, C. Improving the cotton simulation model, GOSSYM, for soil, photosynthesis, and transpiration processes. **Scientific Reports**, v. 13, e-7314, e-2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34378-3>
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. D. **Recomendações de calagem e adubação para o maracujazeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, comunicado técnico 141, 2010. 4 p.
- CAO, M.; GAN, Q.; XU, Y.; LU, J. K.; ZHONG, L.; WANG, M.; LIU, S.; WANG, L. Pruning improves seedling development and bioactive secondary metabolite accumulation in the leaves of *Ginkgo biloba*. **Trees**, v. 36, p. 953-966, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02260-2>
- CARVALHO, B. M.; VIANA, A. P.; DA SILVA, F. A.; DOS SANTOS, P. H. D.; EIRAS, M.; SANTOS, E. A. How segregating populations of passion fruit react to CABMV infection?. **European Journal of Plant Pathology**, v. 160, p. 855-866, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02289-6>

CARVALHO, J. D. A.; KOETZ, M.; DE SOUSA, A. M.; SOUZA, K. J. D. Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo irrigado sob diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido e natural. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 862-874, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000500009>

ČATSKÝ, J. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. **Biologia Plantarum**, v. 2, n. 1, p. 76-78, 1960. <https://doi.org/10.1007/BF02920701>

CAVALCANTE, N. R.; VIANA, A. P.; SANTOS, P. R. D.; PREISIGKE, S. D. C.; RIBEIRO, R. M.; TOFANELLI, E. J. Associations among production and physicochemical quality fruit traits in Passion fruit populations subjected to three cycles of intrapopulation recurrent selection. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018013>

CAVICHOLI, J. C.; CORRÊA, L. D. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. D. Características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 906-914, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000300026>

CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Classificação do maracujá (*Passiflora edulis* Sims). Programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e de embalagens do maracujá-azedo**. 2024. Disponível em: www.ceagesp.com.br. Acesso em: 11 jun. 2020.

CHAVARRIA-PEREZ, L. M.; GIORDANI, W.; DIAS, K. O. G.; COSTA, Z. P.; RIBEIRO, C. A. M.; BENEDETTI, A. R.; CAUZ-SANTOS, L. A.; PEREIRA, G. S.; ROSA, J. R. B. F.; GARCIA, A. A. F.; VIEIRA, M. L. C. Improving yield and fruit quality traits in sweet passion fruit: Evidence for genotype by environment interaction and selection of promising genotypes. **PloS One**, v. 15, n. 5, e-0232818, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232818>

CHEN, G.; YANG, K.; ZHANG, J.; WANG, M.; WANG, L.; XIAN, J. Effects of succession stages and altitudinal gradient on leaf surface area and biomass allocation of typical plants in the subalpine of Eastern Tibetan Plateau. **Global Ecology and Conservation**, v. 27, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01590>

CHO, L. H.; YOON, J.; AN, G. The control of flowering time by environmental factors. **The Plant Journal**, v. 90, n. 4, p. 708-719, 2017. <https://doi.org/10.1111/tpj.13461>

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

DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; ALMEIDA, M. J. S. de; ROCHA, T. D. S.; CORVERA, R. Effects of pruning and recipient volume on seedlings' quality of *Bertholletia excelsa* bonpl. (Lecythidaceae). **European Academic Research**, v. 9, n. 2, p. 1198-1212, 2021.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. D.; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, p. 1-17, 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019155>

FERREIRA, L. G.; JULIATTI, F. C.; DE MORAES, M. F.; KOBAYASTI, L.; RONCATTO, G.; JULIATTI, B. C. M.; FERRAZ-ALMEIDA, R.; ARAUJO, C. A. T. Productivity and mortality, of *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* in passionfruit vines brs rubi do cerrado, grafted onto different rootstocks. **Bioscience Journal**, v. 39, e-61288, 2023 <https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-61288>

FLORA BRASIL. **Maracujá**. Disponível em: <http://www.viveiroflorabrasil.com.br/site/produtos/maracuja/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

FURLANETO, F. DE P. B.; ESPERANCINI, M. S. T.; MARTINS, A. N.; OKAMOTO, F.; VIDAL, A. DE A.; BUENO, O. DE C. Análise energética do novo sistema de produção de maracujá amarelo na região de Marília-SP. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 235- 240, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000200007>

GARCÊZ, R. M.; CHAVES, A. L. R.; EIRAS, M.; MELETTI, L. M. M.; AZEVEDO FILHO, J. A. de, SILVA, L. A. da; COLARICCIO, A. Survey of aphid population in a yellow passion fruit crop and its relationship on the spread *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in a subtropical region of Brazil. **Springer Plus**, v. 4, n. 537, p. 1-12, 2015. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1263-5>

GIOPPATO, H. A.; DORNELAS, M. C. Plant design gets its details: Modulating plant architecture by phase transitions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 163, p. 1-14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.046>

GIORIA, R.; BOSQUÊ, G. G.; REZENDE, J. A. M.; AMORIN, L.; KITAJIMA, E. W. Incidência de viroses de maracujazeiro na Alta Paulista-Sp e danos causados pelo Passion fruit woodiness virus. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p. 82-189, 2000.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Seedling quality: history, application, and plant attributes. **Forests**, v. 9, n. 5, p. 1-23, 2018. <https://doi.org/10.3390/f9050283>

HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; FERREIRA, E. A.; MELO, P. C. Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos produtivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 763-770, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300020>

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. **Área destinada à colheita, área colhida, quantidade reduzida e valor da produção da lavoura permanente**. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Acesso em: 25 mai. 2024.

JESUS, C. A. S. D.; LIMA, L. K. S.; CARVALHO, E. V. D.; ROSA, R. C. C.; JESUS, O. N. D.; GIRARDI, E. A. Optimized cutting of yellow passion fruit and its potential for unstaked or trellised cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01563>

JESUS, C. A. S. D.; CARVALHO, E. V. D.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; JESUS, O. N. D. Fruit quality and production of yellow and sweet passion fruits in northern state of São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, e-968, 2018. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018968>

KOETZ, M.; CARVALHO, J. D. A.; SOUSA, A. M. G. D.; SOUZA, K. J. D. Fruit quality of yellow passion fruit in protecting and opened environment under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 4, p. 60-71, 2010.

KRAUSE, W.; NEVES, L. G.; VIANA, A. P.; ARAÚJO, C. A. T.; FALEIRO, F. G. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 12, p. 1737-1742. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200009>

LEVIN, A.; DEJONG, T. M. **Fundamentals of tree and vine physiology**. In: VOUGIOUKAS, S. G.; ZHANG, Q. **Advanced automation for tree fruit orchards and vineyards**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 1-23. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26941-7_1

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOARES, M. D. M.; SILVA, F. A.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A. Postharvest quality of sour passion fruit under irrigation strategies with brackish water and potassium application in two crop cycles. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, p. 1-17, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05922-0>

MAGGIONI, R. D. A.; MORENOGABIRA, M.; WENDLING, I.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Giberelina, sombreamento e altura de poda na produção de brotações epicórmicas em *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 18, n. 42, p. 30-36, 2021. <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5536>

MAGUIRE J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176–177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Base de dados AGROFIT**. 2023. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 01 out. 2023.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de maracujá**. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01_09-secao-1-portaria-58.pdf. Acesso em: 3 de jun. 2024.

MARINI, R. P.; SHERIF, S. M.; SMITH, A. H. Physiology of pruning fruit trees. **Virginia Cooperative Extension**, p. 1-8, 2020.

MARLER, T. E. Repetitive pruning of Serianthes nursery plants improves transplant quality and post-transplant survival. **Plant Signaling & Behavior**, v. 14, e-1621246, 2019. <https://doi.org/10.1080/15592324.2019.1621246>

MARTÍN, J. J. H.; LÓPEZ, F. A.; VILLATORO, V. P.; GONZÁLEZ, J. C. Cultivo protegido de especies frutales. **Cuadernos de estudios agroalimentarios**, v. 3, p. 139-160, 2012.

MATIAS, P.; BARROTE, I.; AZINHEIRA, G.; CONTINELLA, A.; DUARTE, A. Citrus pruning in the Mediterranean climate: **A Review. Plants**, v. 12, 3360, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12193360>

MATSUDA, H.; HIGUCHI, H.; OKABE, M.; OGATA, T. Anatomical study for critical high temperature on the anthesis day to inhibit passion fruit set. **Tropical Agriculture and Development**, v. 64, n. 4, p. 171-177, 2020. <https://doi.org/10.11248/jsta.64.171>

MATSUDA, H.; TAKARAGAWA, H. Leaf photosynthetic reduction at high temperatures in various genotypes of passion fruit (*Passiflora* spp.). **The Horticulture Journal**, v. 92, n. 4, p. 412-423, 2023. <https://doi.org/10.2503/hortj.QH-060>

MATTAR, G. S.; PURQUERIO, L. F. V.; MELETTI, L. M. M.; VALENTINI, S. R. D. T.; PAULA, L. F. D.; DUART, A. M. Nitrogen fertilization and spacing in productivity and quality of passion fruit implanted with advanced seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 5, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.1590/0100-29452021004>

NEGREIROS, J. R. D. S.; ÁLVARES, V. D. S.; BRUCKNER, C. H.; MORGADO, M. A. D. O.; CRUZ, C. D. Relations among physical fruit traits and pulp content in yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 546-549, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000300026>

OLIVEIRA, U. S.; DE SOUZA, A. H.; DE ANDRADE, M. T.; OLIVEIRA, L. A.; GOUVEA, D. G.; MARTINS, S. C.; RAMALHO, J. D. C.; CARDOSO, A. A.; DAMATTA, F. M. Carbon gain is coordinated with enhanced stomatal conductance and hydraulic architecture in coffee plants acclimated to elevated [CO₂]: The interplay with irradiance supply. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 204, e-108145, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108145>

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

PEREIRA, L. F. **Formação de mudas altas de cultivares de maracujazeiro azedo com fertilizante de liberação controlada**. 2021. 86f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.

PETRY, H.; MORITZ, D.; SILVA, D. D.; MEES, A.; SANTOS, F. D.; MARCHESI, D.; TERNUS, R. Ações conjuntas entre produtores de maracujá e iniciativa pública no combate da virose-do-endurecimento-dos-frutos em Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 33, p. 10-13, 2020.

PORTO, A. H.; JÚNIOR, A. W.; GERBER, D.; O'CONNOR, P. H. P.; TOPANOTTI, L. R.; DA SILVA, C. D.; BARDDAL, M. L.; CRUZ, I. S. DA; BECHARA, F. C. Top pruning on seedlings rejuvenation: a tool for nurseries in Brazilian Atlantic Forest reforestation. **Acta Biológica Catarinense**, v. 8, p. 94-102, 2021. <https://doi.org/10.21726/abc.v8i3.1529>

REZENDE, J. A. M.; FAVARA, G. M.; DE OLIVEIRA, F. F.; LEITE, D.; BELLO, V. H.; QUAGLIATO, A. L.; VIEIRA, G. F. A.; PATERNIANI, R. S. Partial efficacy of early and temporary roguing to manage woodiness disease in pilot crops of passion fruit. **Plant Pathology**, v. 72, p. 1081-1087, 2023. <https://doi.org/10.1111/ppa.13721>

ROSÁRIO, R. C. D.; SOARES, S. D.; MARTINS, M. G.; NASCIMENTO, F. D. C. A. D.; SILVA, J. O. C.; TEIXEIRA-COSTA, B. E.; FIGUEIRA, M. S.; SANTOS, O. V. D. Bioactive, technological-functional potential and morphological structures of passion fruit albedo (*Passiflora edulis*). **Food Science and Technology**, v. 42, e-22222, 2022. <https://doi.org/10.1590/fst.22222>

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 33- 40, 2017. <https://doi.org/10.5965/223811711612017033>

SANTOS-JIMÉNEZ, J. L.; MONTEBIANCO, C. B.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P.; BERGTER, E. B.; ROSA, R. C. C.; VASLIN, M. F. S. Passion fruit plants treated with biostimulants induce defense-related and phytohormone-associated genes. **Plant Gene**, v. 30, e-100357, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2022.100357>

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 52, n. 1, p. 119-125, 1964. <https://doi.org/10.1073/pnas.52.1.119>

SILVA, F. D. A. da; DIAS, M. D. S.; FERNANDES, P. D.; LACERDA, C. N. de; SILVA, A. A. da; MARCELINO, A. D. A. de L.; LIMA, A. M. de; BARBOSA, D. D. Calcium pyruvate as a salt stress mitigator in yellow passion fruit seedlings. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 26, n. 11, p. 763-770, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n11p763-770>

SILVA, N. M.; DE ARAÚJO NETO, S. E.; DE SOUZA, L. G.; PINTO, G. P.; FERREIRA, R. L. F.; UCHÔA, T. L. Quality of yellow passion fruit as a function of irrigation, artificial pollination, and protected cultivation. **Comunicata Scientiae**, v. 14, e-3803, 2023. <https://doi.org/10.14295/cs.v14.3803>

SINGH, R. K.; BHALERAO, R. P.; MAURYA, J. P. When to branch: seasonal control of shoot architecture in trees. **The Febs Journal**, v. 289, p. 8062-8070, 2022. <https://doi.org/10.1111/febs.16227>

SOUZA, A. O.; VIANA, A. P.; SILVA, F. F. E.; AZEVEDO, C. F.; CAVALCANTE, N. R.; SILVA, F. A. Row-col method associated with frequentist and Bayesian statistics in a passion fruit population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 23, e-445523311, 2023. <https://doi.org/10.1590/1984-70332023v23n3a34>

SOUZA, M. A. de; ZACARONI, A. B.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; TEIXEIRA, L. P.; SUSSEL, A. A. B. Produtividade e custo de produção de mudas de maracujazeiro azedo tipo mudão. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2014.

SPREENGEL, L.; STANGLER, D. F.; SHEPPARD, J.; MORHART, C.; SPIECKER, H. Comparative analysis of the effects of stem height and artificial pruning on seasonal radial growth dynamics of Wild Cherry (*Prunus avium* L.) and Sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) in a widely spaced system. **Forests**, v. 9, e-174, 2018. <https://doi.org/10.3390/f9040174>

TEIXEIRA, E. C.; MATSUMOTO, S. N.; PEREIRA, L. F.; CASTELLANI, M. A.; ALMEIDA, C. S.; DOS SANTOS, C. E. M.; LOPES, J. C. Paclobutrazole use as a tool for anticipate water stress response of sour passion fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 307, e-111480, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111480>

TEIXEIRA, E. C.; MATSUMOTO, S. N.; PEREIRA, L. F.; SILVA, D. D. C.; VIANA, A. E. S.; GONÇALVES, A. N. S. Paclobutrazol as a strategy to induce reproductive precocity in sour passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, e-501, 2023. <https://doi.org/10.1590/0100-29452023501>

TÉO, S. J.; MARCON, A.; COSTA, R. H. Poda da parte aérea, visando melhor qualidade de mudas de Pinus taeda, em Caçador, SC. **Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 57-62, 2014. <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.77.468>

VIERA, W.; BRITO, B.; ZAMBRANO, E.; RON, L.; MERINO, J.; CAMPAÑA, D.; ÁLVAREZ, H. Genotype x environment interaction in the yield and fruit quality of passion fruit germplasm grown in the Ecuadorian Littoral. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, p. 1829-1844, 2020. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1834897>

VIERA, W.; SHINOHARA, T.; SAMANIEGO, I.; TERADA, N.; SANADA, A.; RON, L.; KOSHIO, K. Pulp mineral content of passion fruit germplasm grown in Ecuador and its relationship with fruit quality traits. **Plants**, v. 11, e-697, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11050697>

WANG, H.; ZHAO, J.; LAI, M.; ZHANG, Y.; QIU, W.; LI, Y.; TU, H.; LING, Q.; FU, X. Differential gene expression analysis and physiological response characteristics of passion fruit (*Passiflora edulis*) buds under high-temperature stress. **PeerJ**, v. 11, e-14839, 2023. <https://doi.org/10.7717/peerj.14839>

WHITE, P. J. Root traits benefitting crop production in environments with limited water and nutrient availability. **Annals of Botany**, v.124, p. 883-890, 2019. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz162>

WIDYASTUTI, R. D.; SUSANTO, S.; MELATI, M.; KURNIAWATI, A. Effect of pruning time on flower regulation of guava (*Psidium guajava*). **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1155, e-012013, 2019. 10.1088/1742-6596/1155/1/012013

YANG, J.; XIE, S.; DU, D.; WEI, H.; ZHOU, W.; ZHANG, Y.; TANG, Z. H.; LI, D.; LIU, Y. Effect of pruning treatment on growth characteristics and metabolites in *Eucommia ulmoides* Oliver (*E. ulmoides*). **Forests**, v. 14, p. 2439, 2023. <https://doi.org/10.3390/f14122439>

YANG, K.; CHEN, G.; XIAN, J.; YU, X.; WANG, L. Scaling relationship between leaf mass and leaf area: a case study using six alpine rhododendron species in the eastern tibetan plateau. **Global Ecology And Conservation**, v. 30, p. 1-12, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01754>

APÊNDICES

APÊNDICE A



Fonte: elaborado pela própria autora.

APÊNDICE B - Resumo da análise de variância da altura – ALT, diâmetro basal do caule – DC, número de folhas – NF, número de folhas trilobadas – NFT, área foliar total – AFT, área foliar específica – AFE, índice de robustez – IR, índice de qualidade de Dickson – IQD, razão raiz parte aérea – RRPA, massa fresca da parte aérea e raiz – MFPA, MFR, massa seca da parte aérea e raiz – MSPA, MSR, diâmetro ponderado da raiz – DR, volume da raiz – VR, potencial hídrico foliar no antemanhã e ao meio-dia - ψ_w am, ψ_w pm, teor relativo de água foliar no antemanhã e meio dia– TRA am, TRA pm, clorofila *a*, *b*, *a+b* – cl *a*, cl *b*, cl *a+b* e carotenóide- Car de mudas altas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’, aos 150 dias após a emergência, em resposta ao manejo da poda apical.

QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	ALT	DB	NF	NFT	AFT	IR	IQD	RRPA
BL	3	303,02 ns	0,14 ns	2,55 ns	2,67 *	8.100,25 ns	18,91 ns	0,22 ns	0,0009 ns
TRAT	4	2.6081,32 **	3,83 **	73,00 **	125,75**	773.711,69 **	1.333,37 **	11,87 **	0,17 **
RES	12	156,86	0,32	1,64	0,56	19.469,14	10,29	0,18	0,0002
CV (%)		7,19	8,4	6,31	8,04	7,5	11,61	7,31	7,1

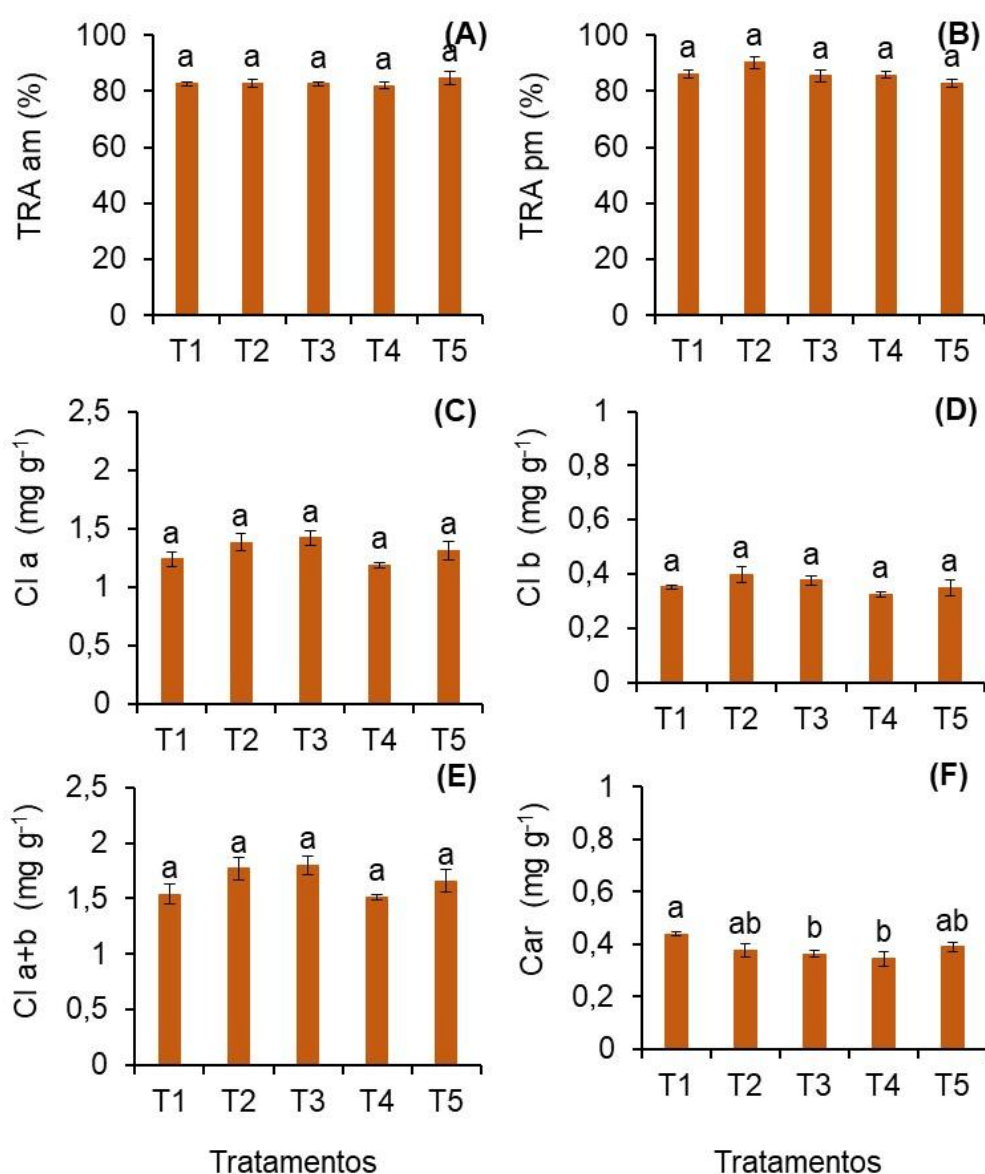
FV	GL	MFR	MFPA	MSR	MSPA	DR	VR	Ψ_w am
BL	3	9,22 ns	51,65 ns	0,32 ns	5,94 ns	0,0005 ns	5,39 ns	0,007 ns
TRAT	4	184,66 *	2.429,61**	1,62 ns	395,05 **	0,003 **	47,4 **	0,02 **
RES	12	43,78	75,21	0,63	5,58	0,0006	6,67	0,002
CV (%)		13,33	8,4	14,27	9,41	3,76	7,09	18,21

FV	GL	Ψ_w pm	TRA am	TRA pm	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>a+b</i>	Car
BL	3	0,01 ns	11,39 ns	10,60 ns	0,02 ns	0,002 ns	0,04 ns	0,004 *
TRAT	4	0,27 **	4,20 ns	29,03 ns	0,03 ns	0,003 ns	0,067 ns	0,005 **
RES	12	0,02	9,14	13,25	0,01	0,001	0,02	0,0008
CV (%)		23,2	3,64	4,22	8,93	10,94	9,63	7,65

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste “F” ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborado pela própria autora.

APÊNDICE C - Características morfológicas de mudas altas de maracujá azedo da cultivar 'FB 200 Yellow Master' aos 150 dias após a emergência, em resposta ao manejo de poda apical: T1: controle (sem poda); T2: desponte após a 4^a, 7^a, 9^a e 11^a folha; T3: desponte após a 7^a, 10^a, 12^a e 14^a folha; T4: desponte após a 10^a, 13^a e 15^a folha; e T5: desponte após a 7^a folha mais velha, 10^a e 12^a folha. (A, B): teor relativo de água foliar ao amanhecer e ao meio-dia – TRA am, TRA pm; (C, D, E): clorofila *a*, *b*, *a+b* – chl *a*, chl *b*, chl *a+b*; e (F): carotenoides – Car. Letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa ao nível de 5% segundo o teste de Tukey.



Fonte: elaborado pela própria autora.

APÊNDICE D - Resumo da análise de variância do índice de velocidade de florescimento – IVF, número de frutos por planta – NFPL, produção por planta, produtividade, diâmetro do fruto – DF, comprimento do fruto – CF, peso do fruto – PF, peso da casca – PC, espessura da casca – EC, peso da polpa – PP, rendimento de polpa com semente – RP, sólidos solúveis totais – SST e pH de plantas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’ cultivadas em ambiente protegido, em resposta ao manejo da poda apical na fase de mudas.

QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	IVF	IVC 1	IVC 2	NFP	Produção	Produtividade	DF	CF
BL	4	0,005ns	0,00007ns	0,00001ns	36,64ns	3,43ns	38,13ns	0,91ns	1,70ns
TRAT	4	0,015*	0,0008**	0,00003**	11,62ns	0,26ns	2,98ns	10,46ns	5,3 ns
RES	16	0,003	0,00005	0,000006	17,92	2,1	23,39	5,21	11,85
CV (%)		16,05	11,16	12,84	12,25	16,18	16,18	2,63	3,21

FV	GL	PF	PC	EC	PP	RP	SST	pH
BL	4	639,74ns	68,88ns	0,12ns	275,75ns	31,26ns	1,68ns	0,005ns
TRAT	4	814,84ns	426,14ns	0,47ns	323,39ns	7,34ns	2,30ns	0,020**
RES	16	336,83	165,55	0,37	120,71	10,56	0,81	0,001
CV (%)		7,06	9,27	11,72	9,42	7,26	6,97	1,4

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste “F” ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborado pela própria autora.

APÊNDICE E - Resumo da análise de variância do índice de velocidade de florescimento – IVF, índice de velocidade de colheita 1- IVC 1 (22/01/2024 a 06/03/2024), IVC 2 (07/03/2024 a 22/04/2024), número de frutos por planta – NFP, produção por planta, produtividade, diâmetro do fruto – DF, comprimento do fruto – CF, peso do fruto – PF, peso da casca – PC, espessura da casca – EC, peso da polpa – PP, rendimento de polpa com semente – RP, sólidos solúveis totais – SST e pH de plantas de maracujazeiro azedo cultivar ‘FB 200 Yellow Master’ cultivadas em campo, em resposta ao manejo da poda apical na fase de mudas.

QUADRADOS MÉDIOS									
FV	GL	IVF	IVC 1	IVC 2	NFP	Produção	Produtividade	DF	CF
BL	3	0,005ns	0,0002ns	0,001**	78,06ns	2,94ns	14,55ns	10,42ns	17,45ns
TRAT	4	0,02**	0,002**	0,002**	21,81ns	3,09ns	15,30ns	5,5ns	8,36ns
RES	12	0,003	0,0001	0,0002	32	2,77	13,71	4,56	12,43
CV (%)		13,1	21,92	10	15,59	20,04	20,04	2,49	3,47

FV	GL	PF	PC	EC	PP	RP	SST	pH
BL	3	1.194,51*	356,94ns	0,29ns	355,25*	20,15ns	0,80ns	0,005ns
TRAT	4	1.079,7*	263,94ns	0,43ns	385,59*	16,02ns	0,39ns	0,013*
RES	12	329,96	112	0,18	97,75	14,26	0,32	0,002
CV (%)		7,93	8,85	8,04	9,43	8,49	4,53	1,61

ns, * e **: não significativo, significativo pelo teste “F” ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborado pela própria autora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do maracujazeiro azedo no Brasil apresenta grande concentração nas regiões Nordeste e Sudeste, que lideram em área cultivada, mas ainda enfrentam baixos índices de produtividade, sobretudo devido a entraves fitossanitários e falhas no manejo. Em contraste, na região Sul, estados como Santa Catarina, embora com menor área plantada, têm alcançado altos níveis de produtividade por meio da adoção de tecnologias como o uso de mudas altas e o cumprimento do vazio sanitário, servindo como modelo de referência para outras regiões.

As mudas altas, com 1,0 a 1,8 m de altura, destacam-se por apresentarem maior rusticidade e um ciclo juvenil curto, o que reduz a janela de vulnerabilidade à infecção por viroses como o CABMV, especialmente no início do desenvolvimento em campo. No entanto, as mudas permanecem por cerca de cinco meses em viveiro, necessitando de cuidados intensivos no manejo e transporte, devido à fragilidade do caule e ao risco de desequilíbrio entre parte aérea e sistema radicular.

No protocolo tradicional de produção dessas mudas, a semeadura é realizada em março, visando o transplantio para campo no início de setembro. Esse período coincide com o inverno, quando as temperaturas mais baixas favorecem a incidência da virose do endurecimento dos frutos, tornando a permanência em viveiro, sob ambiente protegido com tela antiafídeo, uma estratégia eficaz para proteger as mudas em sua fase mais suscetível que é quando apresenta tecidos mais tenros. Entretanto, esse mesmo ambiente, aliado à natureza de crescimento indeterminado da planta, favorece um crescimento vegetativo excessivo. Entre março e agosto, as mudas podem atingir até cinco metros de altura, o que inviabiliza o manejo prático, impõe perdas por podas logo após o transplantio e dificulta o transporte, além de favorecer o enovelamento radicular.

Diante desse cenário, neste estudo avaliou-se o uso da poda apical como uma técnica para controle do crescimento vegetativo durante a formação das mudas altas. Os resultados demonstraram que a poda promoveu a formação de mudas mais robustas, melhor equilíbrio entre parte aérea e raiz e com antecipação do ciclo reprodutivo, favorecendo a precocidade das colheitas. Tal estratégia apresenta impacto significativo na cadeia produtiva, considerando que essa prática já vinha sendo utilizada por alguns viveiristas, mas ainda sem validação técnica ou critérios definidos quanto ao ponto ideal de poda e a consequência disso em campo.

Paralelamente, também se avaliou a produção dessas plantas em ambiente protegido, uma prática em expansão no setor e que demonstrou ganhos importantes em sanidade e desempenho produtivo em comparação ao cultivo em campo aberto.

Por fim, a adoção de recipientes biodegradáveis para a produção de mudas mostrou-se promissora, tanto por seu efeito na mitigação do enovelamento radicular, em função das paredes porosas que induzem a poda natural das raízes, quanto pela contribuição ambiental ao reduzir o impactos de sacolas plásticas de polietileno.

Este estudo trouxe contribuições importantes para o aprimoramento das técnicas de produção e manejo do maracujazeiro azedo, especialmente no que tange à formação de mudas altas e ao controle do crescimento vegetativo por meio da poda apical. Os resultados evidenciam que a adoção dessas práticas pode formar mudas de qualidade e antecipar a fase produtiva, aspectos essenciais diante de um cenário crescente de pragas e doenças que inviabilizam o cultivo ainda nas fases iniciais.

Para aprofundar o conhecimento nesta área, é interessante estudos futuros que explorem a combinação dessas técnicas com outras práticas integradas de manejo fitossanitário, além da avaliação dos efeitos a longo prazo da poda no desempenho produtivo e na longevidade dos pomares.