



DENNY OSWALDO PAEZ PINANGO

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE VARIEDADES DE PITAIA
EM SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO E CONVENCIONAL**

LAVRAS-MG

2023

DENNY OSWALDO PAEZ PINANGO

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE VARIEDADES DE PITAIA EM SISTEMA SEMI-
HIDROPÔNICO E CONVENCIONAL**

**PRODUCTION OF SEEDLINGS OF PITAIA VARIETIES IN SEMI-HYDROPONIC
AND CONVENTIONAL SYSTEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof.^a Dr.^a Leila Aparecida Salles Pio

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Ana Claudia Costa Baratti

Coorientadora

LAVRAS-MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pinango, Denny Oswaldo Páez.

Produção de mudas de variedades de pitaia em sistema semi-
hidropônico e convencional / Denny Oswaldo Páez Pinango. - 2023.
53 p. : il.

Orientador(a): Leila Aparecida Salles Pio.

Coorientador(a): Ana Cláudia Costa Baratti.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Cactácea. 2. Estacas. 3. Propagação vegetativa. I. Pio, Leila
Aparecida Salles. II. Baratti, Ana Cláudia Costa. III. Título.

DENNY OSWALDO PAEZ PINANGO

PRODUÇÃO DE MUDAS DE VARIEDADES DE PITAIA EM SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO E CONVENCIONAL

PRODUCTION OF SEEDLINGS OF PITAIA VARIETIES IN SEMI-HYDROPONIC AND CONVENTIONAL SYSTEM

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de julho de 2023.

Prof.^a Dr.^a Leila Aparecida Salles Pio (UFLA)

Prof.^a Dr.^a Ana Claudia Costa Baratti (UFLA)

Prof.^a Dr.^a Ester Ferreira (EPAMIG)

Prof. Dr. Sebastião Azevedo (UFLA)

Prof.^a Dr.^a Leila Aparecida Salles Pio

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Ana Claudia Costa Barlati

Coorientadora

LAVRAS-MG

2023

À minha esposa Betsy pelo companheirismo e apoio em todos os momentos deste trabalho.

À minhas filhas Daniela e Camila, pelo incentivo, carinho, apoio recebido e por me mostrarem a simplicidade da vida e a alegria das pequenas conquistas; fundamentais para o nosso desenvolvimento.

Aos meus pais, Jesus (*in memoriam*) e Magaly, meus avós Oswaldo (*in memoriam*) e Juana e meus irmãos, pela educação e por me ensinarem a perseverar nos momentos difíceis da vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao programa de pós-graduação em Agronomia/ Fitotecnia por me permitir realizar esse sonho.

À minha orientadora, professora Dra. Leila Aparecida Salles Pio, pela orientação, confiança, compreensão, disponibilidade e paciência.

À minha coorientadora, professora Dra. Ana Claudia Costa Baratti, pelos ensinamentos, apoio e colaboração durante o mestrado.

Aos membros da banca examinadora, professores Dra. Ester Alice Ferreira, Dr. Sebastião Márcio de Azevedo, Dr. Fábio Oseias dos Reis Silva, Dr. Pedro Maranhã Peche, que gentilmente aceitaram o convite para a avaliação deste trabalho.

À Dra. Renata Amato Moreira, à doutoranda Maíra Ferreira de Melo Rossi, pela ajuda no experimento, por trocarem conhecimentos e pela amizade que levarei pela vida toda.

À Engenheira Agrônoma Elisabete da Cruz Silva Watanabe, com quem realizei o experimento em parceria.

A todos os funcionários do Setor de Fruticultura e Horto Botânico com os quais tive o prazer de trabalhar e colaboraram de alguma forma com este trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Henrique Sales Guimarães pelo auxílio na análise estatística

À secretária Marli, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela atenção e colaboração durante todo o curso.

A todos que de alguma forma contribuíram.

OBRIGADO A TODOS!

Resumo

A pitáia é uma cactácea, originária das regiões tropicais e subtropicais das Américas. Esta cultura nos últimos anos tem ganhado muita atenção pelas características exóticas dos seus frutos e as suas propriedades nutritivas. Por ser uma cultura recente no Brasil, carece de estudos relacionados às práticas culturais e à produção de mudas. Pesquisas indicam que a produção de mudas em hidroponia pode reduzir o tempo para obtenção de mudas frutíferas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de variedades de pitáia sob os dois sistemas de cultivo, convencional e semi-hidropônico na modalidade *floating*. Foram instalados dois experimentos em diferentes locais na Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras-MG. Um dos experimentos foi conduzido no sistema *floating* no Setor de Pesquisa em Plantas Ornamentais, Áreas Verdes e Arborização Urbana, o outro experimento foi conduzido no sistema de cultivo convencional no Setor de Fruticultura. Os experimentos foram conduzidos sob delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos, quatro blocos e cinco plantas por parcela, totalizando 200 estacas com comprimento entre 30 a 40 cm. Metade dos cladódios foi utilizada no sistema convencional, as estacas foram plantadas em saquinhos plásticos com capacidade de 3,5 dm³ preenchidos com substrato comercial. A outra metade dos cladódios foi plantada em citropotes com capacidade de 3,8 dm³ preenchidos com vermiculita e dispostos sobre suporte plástico em “piscina” específica do sistema semi-hidropônico. Os tratamentos foram constituídos por cinco variedades de pitaias: Branca Comum (*Selenicereus undatus*); Vermelha da UFLA (*Hylocereus polyrhizus*); Dark Star (*S. guatemalensis* x *S. undatus*); Amarela Colombiana (*S. megalanthus*) e Golden (*S. undatus* x *S. undatus*). Após 90 dias, foram avaliados: comprimento das brotações, diâmetro das brotações, comprimento da raiz principal, volume de raiz, massa fresca e massa seca das raízes e brotações, Índice de Qualidade de Dickson. As médias obtidas foram submetidas a análise de variância pelos testes de Shapiro-Wilk, de O’Neill e Mathews e de Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Software R. Observou-se que o sistema semi-hidropônico proporcionou maiores resultados para todas as variáveis avaliadas. Em ambos os locais, a variedade Branca Comum apresentou maior crescimento. As variedades vermelhas da UFLA, Golden e Branca comum apresentaram maior Índice de Qualidade Dickson. Conclui-se que o sistema semi-hidropônico é uma técnica viável na produção de mudas de pitáia de alta qualidade.

Palavras-chave: Cactácea. Estacas. *Hylocereus* spp. Propagação vegetativa. *Selenicereus* spp.

Abstract

The dragon fruit is a cactus, native to the tropical and subtropical regions of America. This crop in recent years has gained a lot of attention due to the exotic characteristics of its fruits and their nutritional properties. As it is a recent crop in Brazil, there is a lack of studies related to cultural practices and seedling production. Research indicates that producing seedlings using hydroponics can reduce the time it takes to obtain fruitful seedlings. Thus, the objective of the work was to evaluate the growth of seedlings of dragon fruit varieties under two cultivation systems, conventional and semi-hydroponic in floating mode. Two experiments were installed in different locations at the Federal University of Lavras, in the municipality of Lavras-MG. One of the experiments was conducted in the floating system in the Ornamental Plants, Green Areas and Urban Afforestation Research Sector, the other experiment was conducted in the conventional cultivation system in the Fruit Growing Sector. The experiments were conducted under a randomized block design (DBC), with five treatments, four blocks and five plants per plot, totaling 200 cuttings with a length between 30 and 40 cm. Half of the cladodes were used in the conventional system, the cuttings were planted in plastic bags with a capacity of 3.5 dm³ filled with commercial substrate. The other half of the cladodes were planted in cytopots with a capacity of 3.8 dm³ filled with vermiculite and placed on a plastic support in a “pool” specific to the semi-hydroponic system. The treatments consisted of five varieties of dragon fruit: Common White (*Selenicereus undatus*); UFLA Red (*Hylocereus polyrhizus*); Dark Star (*S. guatemalensis* x *S. undatus*); Colombian Yellow (*S. megalanthus*) and Golden (*S. undatus* x *S. undatus*). After 90 days, the following were evaluated: shoot length, shoot diameter, main root length, root volume, fresh mass and dry mass of roots and shoots, Dickson Quality Index. The means obtained were subjected to analysis of variance using the Shapiro-Wilk, O’Neill and Mathews and Tukey tests at 5% significance. All statistical analyzes were carried out with the help of Software R. It was observed that the semi-hydroponic system provided greater results for all variables evaluated. In both locations, the Common White variety showed greater growth. The red varieties of UFLA, Golden and White common had the highest Dickson Quality Index. It is concluded that the semi-hydroponic system is a viable technique for producing high-quality dragon fruit seedlings.

Keywords: Cacti. Cuttings. *Hylocereus* spp. Vegetative propagation. *Selenicereus* spp.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperaturas máximas, mínimas, médias (°C) e Umidade Relativa (%) aferidas no Setor do Horto Botânico da UFLA.	222
Figura 2 - Temperaturas máximas, mínimas, médias (°C) e Umidade Relativa (%) aferidas no Setor de Fruticultura da UFLA.	222
Figura 3 - Esquema do sistema semi-hidropônico de cultivo de frutíferas: (1) reservatório de solução nutritiva; (2) motobomba e (3) piscina: caixa nivelada dimensionada para receber os suportes que contém os tubetes.....	24
Figura 4 - Gráfico referentes às variáveis comprimento médio e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.....	277
Figura 5 - Boxplots referentes às variáveis comprimento médio e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.....	30
Figura 6 - Gráfico referentes às variáveis massa fresca e massa seca das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.	311
Figura 7 - Boxplots referentes às variáveis massa fresca e massa seca das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.	33
Figura 8 - Gráfico referentes às variáveis comprimento médio e volume das raízes de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.	344
Figura 9 - Boxplots referentes às variáveis comprimento médio e volume das raízes de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.	366
Figura 10 - Gráfico referentes às variáveis comprimento médio e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.....	377
Figura 11 - Boxplots referentes às variáveis massa fresca e massa seca das raízes de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional. ...	399
Figura 12 - Gráfico referentes à variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.	40

Figura 13 - Boxplots referentes às variáveis índice de qualidade dickson e massa seca total e mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.....	411
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comprimento das brotações (CB) e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.....	299
Tabela 2 – Massa fresca (MFB) e Massa seca das brotações (MSB) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.....	322
Tabela 3 – Comprimento médio das raízes (CR) e Volume das raízes (VR) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional. ..	355
Tabela 4 – Massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional. ..	388
Tabela 5 – Índice de qualidade Dickson (IDQ) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.....	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.	14
2.1. Considerações gerais sobre da pitaia.....	14
2.2. Importância econômica da cultura da pitaia.	15
2.3. Variedades de pitaia.....	17
2.4. Produção de mudas de pitaia.	18
2.5. Hidroponia.	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.	21
3.1. Localização da área experimental.	21
3.2. Descrição do material utilizado no experimento.	22
3.3. Variáveis analisadas.	24
3.4. Análise estatística.	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE.	51
APÊNDICE 1	52
APÊNDICE 2.....	52
APÊNDICE 3	53

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o aumento de doenças crônicas, como diabetes, obesidade e doenças cardiovasculares, tem sido associado à inatividade física e ao consumo de alimentos pobres em fibras e vitaminas antioxidantes e ricos em gorduras saturadas e açúcares simples. Isso tem levado muitas pessoas a buscarem uma nutrição melhor, dieta saudável e balanceada, resultando em um aumento no consumo de frutas e verduras. Dentre as espécies de frutíferas com potencial econômico a pitáia, também conhecida como fruta do dragão, destaca-se por suas propriedades nutritivas e organolépticas, além de sua capacidade de adaptação e rusticidade, apresentando alta produtividade mesmo em condições adversas de ambiente, como déficit hídrico e extremos de temperaturas (LONE et al., 2014).

As pitáias são conhecidas mundialmente como Dragon Fruits ou Frutas-do-Dragão e pertencem à família Cactaceae, a qual possui aproximadamente 100 gêneros e 1.500 (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022). As principais espécies de pitáias com maior potencial econômico que possuem grandes destaques para o consumo: a *Selenicereus undatus*, de polpa branca e casca rosada, que é a mais comum, e popularmente chamada de pitáia-branca, a *Selenicereus megalanthus*, com polpa branca e casca amarela, que é a pitáia-amarela, e a *Hylocereus polyrhizus*, vermelha por dentro com casca rosada, conhecida como pitáia vermelha (WYBRANIEC; MIZRAHI, 2002). Outra variedade de pitáia de casca amarela e polpa branca é a Golden ou dourada, é um híbrido interclonal (*Selenicereus undatus* x *Selenicereus undatus*), a planta apresenta rusticidade, vigor e crescimento acelerado (PIO; RODRIGUES; SILVA, 2020). A variedade Dark Star é resultado do cruzamento entre variedades Rixford e Wetzell (*Selenicereus guatemalensis* x *Selenicereus undatus*), caracteriza-se por produzir frutos em abundância com formato arredondado (ROCHA, 2020).

A propagação da pitáia pode ser realizada pela via seminífera ou vegetativa, no entanto, a pouca disponibilidade de informações técnico-científicas relacionadas ao manejo da cultura, incluindo métodos de propagação, é uma grande limitação para o seu estabelecimento. Um dos primeiros passos para a obtenção de frutos de qualidade com alto valor de mercado é a produção de mudas de qualidade (FERNANDES; COUTINHO, 2019), pois estas apresentam maior crescimento e sobrevivência, dispensando replantio e diminuindo custos com manutenção (FONSECA E CRUZ et al., 2005). Além disso, oferecem capacidade de resistência a situações adversas no pós-plantio e garantem o sucesso da instalação de matrizes (RUTHS et al., 2021).

A produção de mudas em sistemas convencionais ocorre em um período de 3 a 4 meses até que as plantas estejam em ótimas condições para o plantio no campo. Por isso, o emprego de estratégias que favoreçam o crescimento rápido da muda é importante. A implementação de técnicas de propagação em ambiente protegido garante rápida formação de mudas de boa qualidade (BERTI et al., 2017). Neste contexto, o sistema semi-hidropônico apresenta-se como uma opção para a produção de mudas em menor tempo que o sistema convencional e permite produzir mudas durante todo o ano.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de cinco variedades de pitaia: vermelha da UFPA, branca comum, amarela Colombiana, Golden e Dark Star, em condições semi-hidropônica e convencional.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Considerações gerais sobre da pitiaia

A pitiaia pertencente à família botânica Cactaceae, originária das regiões tropicais e subtropicais de América do Norte e do Sul, principalmente em áreas semidesérticas das regiões quentes (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012). Esta fruta foi originalmente domesticada por populações pré-colombianas, que a coletavam para fins alimentícios e medicinais, mas ainda permaneceu desconhecida por muitos (VERONA-RUIZ; URCIA-CERNA; PAUCAR-MENACHO, 2020). Gutiérrez et al., (2007), mencionaram que vários medicamentos indígenas extraídos das pitaias foram descritos na medicina folclórica mexicana para controle de diabetes. Este cacto tem sido alvo de atenção comercial devido ao sabor agradável de suas frutas suculentas, polpa doce e uma grande variedade de cores de casca e polpa.

As plantas das pitaias são perenes, trepadeira com forma triangular, caules verdes carnosos e articulados. Suas hastes são compostas por três asas onduladas com margens recortadas córneas. Os segmentos do caule podem crescer até 6 m de comprimento. Cada canal de asa recortada tem de um a três espinhos curtos de 1,5 cm de espessura, e algumas variedades são mais espinhosas do que outras. As raízes aéreas crescem da parte inferior dos caules, fornecendo ancoragem para as plantas escalarem paredes, rochas ou árvores. A floração é noturna, as flores têm o exterior verde e os segmentos interiores brancos medindo aproximadamente 30 cm de comprimento e 23 cm de largura, seu estigma é lobado e verde. São em forma de sino e muito perfumadas; eles abrem no início da noite e murcham ao amanhecer (LE BELLEC; VAILLANT, 2011).

Os frutos das pitaias são não climatéricos e atingem a melhor qualidade alimentar quando colhidos maduros (WYBRANIEC; MIZRAHI, 2002). O período ideal da colheita para que os frutos atinjam a maturidade fisiológica é entre 30 e 32 dias após a antese, preservando suas características organolépticas (MIZRAHI, 2014; ORTIZ; TAKAHASHI, 2015).

As plantas desta família são capazes de tolerar calor e frio extremos, períodos de estiagem e solos pobres em nutrientes (NUNES et al., 2014). Mesmo sendo uma planta rústica, que se aclimata com facilidade, as pitaias requerem um ambiente radicular rico em matéria orgânica, para que se mantenha aerado e um equilíbrio em nutrientes, tais como nitrogênio, potássio e fósforo (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012). Uma

propriedade fundamental da pitiaia é que apresentam em sua estrutura, modificação do caule para armazenamento de água, redução ou ausência de folhas, superfícies recobertas com ceras naturais e abertura noturna dos estômatos para a absorção de dióxido de carbono (metabolismo CAM), que promove a expansão das áreas cultivadas devido à sua tolerância à seca extrema; portanto, essas plantas têm uma eficiência de uso da água de quatro a seis vezes maior do que outras frutíferas em condições semelhantes (NUNES et al., 2014; VERONA-RUIZ; URCIA-CERNA; PAUCAR-MENACHO, 2020).

As pitaias são agrupadas em quatro gêneros principais, sendo eles: *Stenocereus*, *Cereus*, *Selenicereus* e *Hylocereus* (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT 2006). Atualmente as espécies mais cultivadas e consumidas são a pitiaia vermelha de polpa vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e a pitiaia amarela de polpa branca (*S. megalanthus*) (FAGUNDES et al., 2021). Pesquisas realizadas recentemente consideraram as quatro espécies do gênero *Selenicereus*. (*S. undatus*, *S. costaricensis*, *S. megalanthus*, *S. setaceus*) as mais importantes pitaias do ponto de vista comercial (KOROTKOVA; BORSCH; ARIAS, 2017).

2.2. Importância econômica da cultura da pitiaia

Nos últimos anos esta cultura tem ganhado muita atenção pelas características exóticas dos seus frutos, seu sabor e suas propriedades nutritivas razão pela qual a espécie vem sendo cultivada em todo o mundo e estudada por muitos pesquisadores, aumentando consideravelmente as publicações com frutíferas (VERONA-RUIZ; URCIA-CERNA; PAUCAR-MENACHO, 2020). No Brasil, é cultivada há mais de 20 anos, sendo destinada a maior parte da produção ao consumo do fruto fresco, demonstrando que a cultura tem sido subutilizada (RAMÍREZ-RODRÍGUEZ et al., 2019).

A pitiaia é uma alternativa de produção que permite aos pequenos e médios produtores diversificarem seus pomares, já que pode ser implantada em espaços pedregosos, não mecanizáveis, capaz de tolerar extremos de temperatura, solos com baixo nível de fertilidade e grandes períodos de estiagem (NUNES et al., 2014). A atividade está sendo rentável para os produtores, gerando uma lucratividade satisfatória. Seu baixo custo de produção, fazem desta fruta uma cultura muito atrativa (PIRES; KRAUZE, 2020). Mas também é possível sua produção em grande escala devido ao incremento da demanda de frutos a nível nacional e internacional.

Suas propriedades organolépticas (cor, sabor e aroma) proporcionam grande aprovação dos mercados consumidores. Seus frutos podem ser consumidos ao natural,

processados, na forma de sorvetes, geleias, sucos, vinhos e saladas ou transformada numa gama de produtos industrializados como sucos, iogurtes, sorvete, mousses, ou até como corante natural de doces (PIMIENTA-BARRIOS; NOBEL, 1994; WYBRANIEC; MIZRAHI, 2002). Também é relatado seu valor medicinal pela presença no fruto de captina, que é considerado um tônico cardíaco, bem como óleo de efeito laxante, o que é eficaz no controle de gastrite e infecções dos rins (DONADIO, 2009). Vilaplana; Páez; Valencia-Chamorro, (2017) mencionam que a fruta da pitaiá contém ácidos graxos essenciais, como os ácidos oleico e linoleico, que têm funções importantes na redução do colesterol, ativação da função digestiva e prevenção do câncer de cólon e diabetes.

Diversas pesquisas têm demonstrado que a pitaiá é rica em fontes de açúcares, proteínas, ácidos orgânicos, vitaminas (A, E, B1, B2, B3, C, E, niacina, piridoxina e cobalamina), além de betacarotenos, licopenos, carboidratos, sais (potássio e magnésio), polifenóis, elementos minerais e fibras dietéticas (IBRAHIM et al., 2018; OMIDIZADEH et al., 2014), além de conter outros elementos nutricionais, nutracêuticos, agroindustriais e medicinais, tendo a possibilidade de ter potencial tecnológico na indústria de alimentos, com possíveis benefícios para a saúde, no entanto, a cultura tem sido subutilizada (RAMÍREZ-RODRÍGUEZ et al., 2019).

As pitaiás apresentam em seus frutos betacianinas, um pigmento natural com cor e bioatividade desejáveis, compostos fenólicos, polissacarídeos e terpenoides, apresentando alto valor farmacológico (JIANG et al., 2021). O alto teor de betacianina e outros muitos compostos presentes na casca e polpa, nos permite considerar essas variedades como fonte de pigmentos naturais a serem usados na indústria alimentícia como corante natural em muitos produtos de consumo, tendo grande potencialidade como substituto para corantes sintéticos, medicamentos e cosméticos (JOSHI; PRABHAKAR, 2020; ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012).

Ruths et al. (2019) relataram que os frutos das pitaiás podem ser utilizados na indústria farmacêutica como tônico cardíaco, devido à presença da substância captina disponível no fruto, que auxilia na regulação da pressão arterial, combate as doenças relacionadas ao sistema respiratório como bronquite, possui propriedades curativas e protege contra úlceras, gastrites e tem função antidiabética e anti-inflamatória. Além disso, estudos mostraram que as administrações das betacianinas da casca de pitaiá vermelha reduziram significativamente o ganho de peso corporal induzido pela dieta e atenuaram a resistência à insulina e a esteatose hepática relacionadas à obesidade (SONG et al., 2015). Do mesmo modo, o suco de pitaiá branca reduziu o acúmulo de lipídios hepáticos, aliviou o inchaço dos hepatócitos e preveniu a

formação de esteatose hepática em ratos alimentados com dieta rica em gordura (SONG et al., 2016). Por outro lado, seus compostos bioativos têm se mostrado como alternativas eficazes, saudáveis, seguras e sustentáveis às drogas sintéticas para o tratamento e prevenção de muitas doenças, como diabetes, câncer, obesidade e cardiovasculares (LUU et al., 2021; MIZRAHI, 2014).

2.3. Variedades de pitiaia

A pitiaia vermelha de polpa vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) se caracteriza por suas flores muito longas (25–30 cm) segmentos externos avermelhados do perianto, especialmente nas pontas e lóbulos de estigma bastante curtos e amarelados (QUEIROGA et al., 2021), seus frutos grandes, oblongos com brácteas grandes, casca vermelha escura e polpa vermelha-violeta (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). Esta espécie apresenta teores significativos de betalainas, compostos nitrogenados derivados do ácido betalâmico, cuja estrutura é responsável pela coloração da fruta (SILVESTRE; LIRA; HOLANDA, 2018), além de possuir compostos fenólicos, taninos, flavonoides, esteroides, flavanonas e catequinas (MERCADO-SILVA, 2018), que proporcionam grande potencial farmacêutico no ramo da fitoterapia ou da farmacologia (RODRIGUES; SOARES JUNIOR; SOUZA, 2021)

A pitiaia vermelha de polpa branca (*Selenicereus undatus*) possui caules longos e verdes, mais ou menos rígido ao atingir o estágio de maturação (LE BELLEC; VAILLANT, 2011; VERONA-RUIZ; URCIA-CERNA; PAUCAR-MENACHO, 2020), essa espécie possui flores longas (até 29 cm) de cor verde ou amarelo-esverdeado e os segmentos internos de perianto branco puro (VERONA-RUIZ; URCIA-CERNA; PAUCAR-MENACHO, 2020). O fruto possui casca vermelha-rosada, polpa branca, com muitas pequenas sementes pretas, textura de polpa e sabor agradáveis. O comprimento do fruto varia entre 15 e 22 cm, com peso entre 300 e 800 g, é oblongo e coberto de escamas grandes e longas, vermelhas e verdes nas pontas. Esta espécie tem maior destaque mais comercial em ralação às outras espécies devido à sua alta produtividade e produção de frutos grandes (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022).

A pitiaia amarela, também conhecida como pitiaia colombiana (*Selenicereus megalanthus* K. Schum ex Vaupel), é uma espécie nativa da região tropical e subtropical da América do Sul, especificamente da região andina (Colômbia, Peru, Bolívia, Equador e Venezuela) (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012). A planta é perene, hemiepífita, com caule triangular do tipo cladódio, longos, delgados e verdes com espinhos. Apresenta crescimento vegetativo lento, demandando por volta de três anos para iniciar a

produção, sendo considerada mais sensível à baixas temperaturas (LE BELLEC; VAILLANT, 2011; MIZRAHI, 2015).

O fruto dessa espécie apresenta polpa com sabor doce e aroma característico, com abundantes sementes pequenas e pretas distribuídas uniformemente (VILAPLANA; PÁEZ; VALENCIA-CHAMORRO, 2017). Os frutos são oblongos e possuem casca amarela e polpa branca (diâmetro: 7–9 cm; peso: 120–250 g)(LE BELLEC; VAILLANT, 2011).

A pitiaia Golden ou Dourada (hibrido interclonal) é uma nova variedade que foi desenvolvida da hibridação de duas variedades comerciais selecionadas (*Selenicereus undatus* x *Selenicereus undatus*) desenvolvida em Israel, ainda muito rara e praticamente desconhecida no Brasil (QUEIROGA et al., 2021). A fruta é de casca amarela e polpa branca e o sabor mais doce que às demais (ABDI; MIZRAHI, 2012), sem a presença de espinhos e com grandes escamas foliáceas (MIZRAHI, 2015), o que facilita seu manejo e os tornam interessantes para a produção e comercialização. O tamanho dos frutos é de mediano a grande e podem pesar até um quilo com polpa branca doce (LE BELLEC; VAILLANT, 2011). As plantas têm um crescimento vegetativo rápido e vigoroso, demoram um ano para produzir, possuem resistência relativa a baixa temperatura (MIZRAHI, 2015).

A pitiaia Dark Star também, conhecida como 9-S, é uma variedade híbrida que vem do cruzamento entre Rixford (*Hylocereus guatemalensis*) uma variedade de polpa roxa e Niezel (*Hylocereus undatus*), uma variedade de polpa branca. A casca da Dark Star tem um tom rosa mais escuro e a polpa roxa. A variedade produz frutos de tamanho médio a grande, que normalmente pesam 750 g a 1250 g, com sabor suave semelhante ao de uva. Possui estigma de lóbulo dividido e isso é único em comparação com seus irmãos Cosmic Charle, Physical Graffiti e Purple Haze (ROCHA, 2020).

2.4. Produção de mudas de pitiaia

As pitaias podem se reproduzir de forma sexuada e vegetativa. A reprodução sexuada é o método utilizado quando se objetiva a obtenção de variabilidade em programas de melhoramento da espécie (ANDRADE; MARTINS; SILVA, 2007). Este método proporciona a variabilidade genética necessária para a seleção de características desejáveis em um programa de melhoramento genético (BONONE et al., 2019). Porém, o uso de sementes apresenta muitas desvantagens para a produção comercial, uma vez que as plantas oriundas de sementes possuem um longo período juvenil (GONÇALVES et al., 2020) e ainda, constituem genótipos com uma qualidade inferior da planta-mãe.

A propagação assexuada é realizada preferencialmente por estacas, enxertia e micropropagação (ELOBEIDY, 2006), sendo a propagação por estaquia a mais comumente utilizada pelos produtores devido ao manejo simples e rápido para a formação das mudas (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). Esse método de propagação tem como vantagem a precocidade de produção, uniformidade do cultivo, mantendo seu valor agrônômico, facilidade da propagação e tratos culturais, fixação dos genótipos selecionados, obtendo um bom desempenho reprodutivo (GALVÃO et al., 2016), além disso, possibilita uniformidade e qualidade das mudas por meio da clonagem de genótipos selecionados da planta-mãe, diminuindo o período de juvenilidade da planta (ZEM et al., 2015). As plantas produzidas estaquia não possuem raiz pivotante, possuem um sistema radicular superficial, com aproximadamente 15 cm de profundidade do solo, fasciculado e podendo assimilar baixos teores de nutrientes (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006).

Outro método de reprodução assexual é a enxertia, esta técnica tem sido empregada para ajudar outros cactos a crescer quando têm dificuldades para sobreviver diretamente no solo (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012). As plantas enxertadas se tornam produtivas um ano após a enxertia (MIZRAHI, 2014). Por outro lado, a micro enxertia é a técnica que consiste na enxertia, sob condições assépticas, de um meristema ou ápice caulinar (epibioto) sobre um porta-enxerto (hipobioto) estabelecido *in vitro* (BUENO, 2018).

2.5. Semi-hidropônico

A hidroponia é uma técnica de cultivo sem solo, realizada apenas com utilização de água ou substratos inertes na qual os nutrientes para o desenvolvimento das plantas são fornecidos via solução nutritiva, podendo ou não utilizar um meio para sustentação física, o qual deve ser inerte quimicamente, proporcionando menor impacto ambiental e uso mais eficiente de água e nutrientes (FURLANI et al., 1999; RESH, 2012).

O sistema semi-hidropônico é uma adaptação do sistema hidropônico, este modelo caracteriza-se por a utilização de substrato inerte, poroso ou pouco ativo quimicamente como pó de coco, areia lavada, cascalho e argila expandida, para dar sustentação às plantas, alimentadas por fertirrigação como no caso do sistema hidropônico convencional (BEZERRA, 2017). Na obtenção de produtos de maior qualidade, mais uniformes, com maior produtividade, menor custo de mão de obra, menor gasto de água, e menos insumos agrícolas, além de preservarem o meio ambiente, o sistema semi-hidropônico representa uma alternativa em comparação ao sistema convencional (ANTUNES; REISSER; SCHWENGBER, 2016).

No sistema hidropônico e semi-hidropônico, todos os elementos essenciais são fornecidos às plantas através da dissolução de sais fertilizantes em água para formar a solução nutritiva, cuja concentração na solução nutritiva usada pode variar de acordo com o cultivo, sistema utilizado, fatores ambientais, época do ano, idade das plantas, a espécie cultivada e a cultivar utilizada (RESH, 2012).

Bortolozzo et al., (2007) relatam que existem inúmeras formulações de soluções nutritivas propostas tanto em estudos sobre nutrição mineral de plantas, uma das primeiras formulações de soluções nutritivas foi proposta por “Hoagland e Arnon”, assim como, soluções nutritivas comerciais importadas na forma de cristal que podem ser encontradas no mercado brasileiro, como Kristalon®; Laranja® 6-12-36 (adiciona-se Tenso-cocktail®); Plant Prod® 7-11-27; Peter’s Professional Hydro-Sol® 5-11-26. Deve-se adicionar nitrato de cálcio a todas estas formulações pois estes produtos não contêm cálcio em suas fórmulas

Com relação ao reaproveitamento da solução nutritiva, os sistemas hidropônicos e semi-hidropônico são classificados em: sistemas abertos, onde a solução nutritiva é aplicada uma única vez às plantas e, posteriormente, descartada, assemelhando-se à fertirrigação e o sistema fechado, onde a solução nutritiva aplicada é recuperada e reutilizada, sendo periodicamente corrigida em sua composição, seja por meio da adição de água, ou de nutrientes minerais (BEZERRA; LEVY; BARRETO, 2012).

O sistema semi-hidropônico apresenta as seguintes vantagens: possibilidade de se produzir o ano todo, maior rendimento por área, maior produtividade por planta, maior e melhor uso da água e nutrientes, controle de pragas e doenças, ciclos de vegetação e frutificação mais curtos, porém, tem as desvantagens de um alto custo inicial da infraestrutura, requer acompanhamento de conhecimento da tecnologia (BEZERRA; BARRETO, 2012; BORTOLOZZO et al., 2007).

Boldrin et al., (2022), avaliaram o desenvolvimento do copo-de-leite em dois tipos de sistemas de produção hidropônicos, concluíram que os sistemas de cultivo hidropônico e semi-hidropônico são eficientes para o desenvolvimento inicial do copo-de-leite.

Outra estudo realizada por Wendling; Ferreira; Grossi, (2007) pesquisaram o uso de sistema semi-hidropônico para condução de minicepas de erva-mate e a resposta destas a soluções nutritivas de diferentes diluições nas sucessivas coletas, encontraram que o sistema adotado é tecnicamente viável para a condução de minicepas de erva-mate.

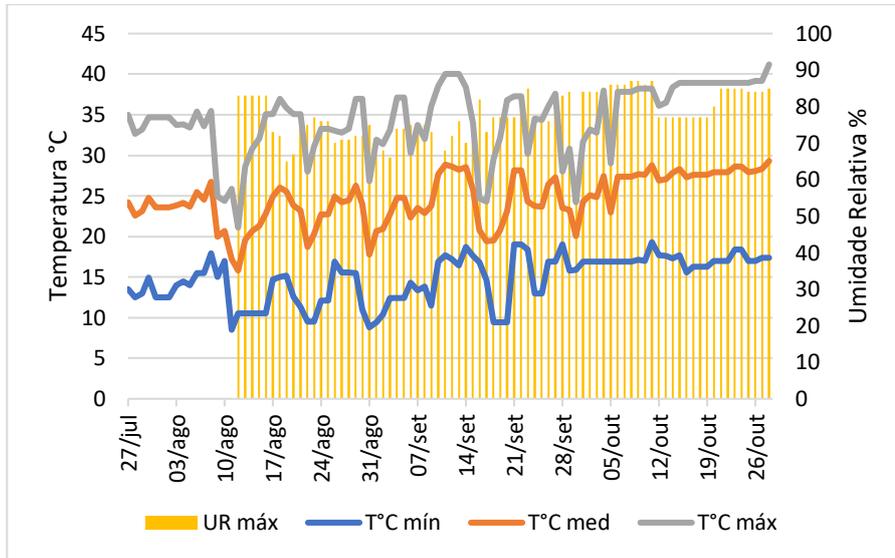
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi realizado utilizando dois sistemas para produção de mudas; um sistema de semi-hidropônico que foi conduzido em ambiente protegido no Setor do Horto Botânico do Departamento de Agricultura (DAG), e um sistema convencional que foi conduzida em viveiro telado, coberto com malha tipo Sombrite® com 50% de sombreamento no Setor de Fruticultura, no Departamento de Agricultura (DAG), no interior do campus da Universidade Federal de Lavras, município de Lavras, Sul de Minas Gerais, Brasil. O clima da região apresenta verões quentes e úmidos, invernos frios e secos, a temperatura média é de 21,6°C; a precipitação média é de 1339,5 mm concentrada entre os meses de novembro, dezembro e janeiro (INMET, 2022), classificado como Cwa segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

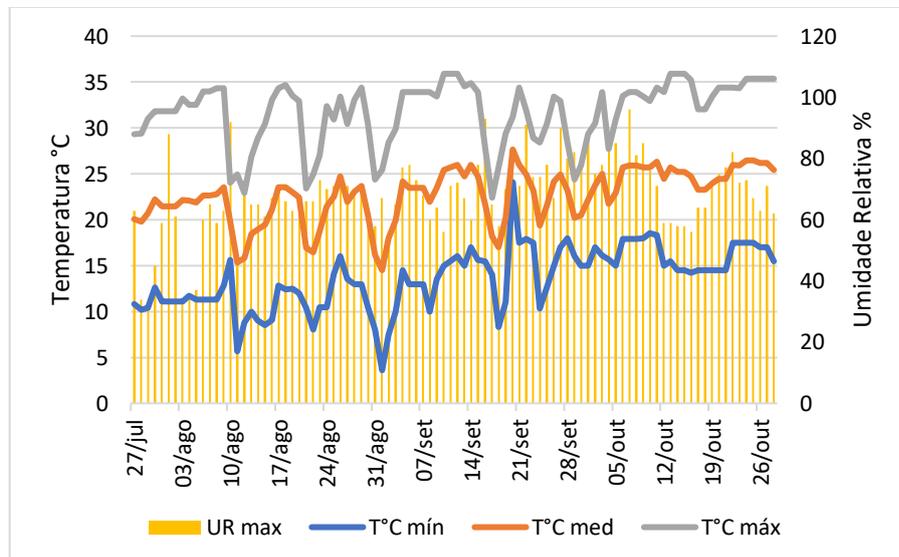
O experimento teve duração de três meses, iniciando-se em julho de 2022 e encerrando-se em outubro de 2022. Durante o experimento foram coletadas diariamente os dados das temperaturas (máxima, mínima e média), e a Umidade Relativa. As temperaturas foram coletadas em ambos os locais com ajuda de um termômetro. Enquanto a Umidade Relativa, no Setor do Horto Botânico (Figura 1) os dados foram coletados através de sensor instalado junto ao termômetro no próprio local, já no Setor de Fruticultura (Figura 2). os dados foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia INMET, na Estação Climatológica Principal de Lavras (83687) localizada na UFLA, em Lavras.

Figura 1- Temperaturas máximas, mínimas, médias (°C) e Umidade Relativa (%) aferidas no Setor do Horto Botânico da UFLA.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 2- Temperaturas máximas, mínimas, médias (°C) e Umidade Relativa (%) aferidas no Setor de Fruticultura da UFLA.



Fonte: Do autor (2023).

3.2. Descrição do material utilizado no experimento

As estacas de pitaia utilizadas para o experimento foram obtidas da porção mediana dos cladódios de plantas matrizes livres de patógeno estabelecidas no Sítio Serra da Soca, situado no município de Ingaí, Minas Gerais. O comprimento das estacas foi entre 30 a 40cm.

Depois do corte, as estacas ficaram em bancada até cicatrizar (para evitar doenças de podridão) antes de efetuar o plantio.

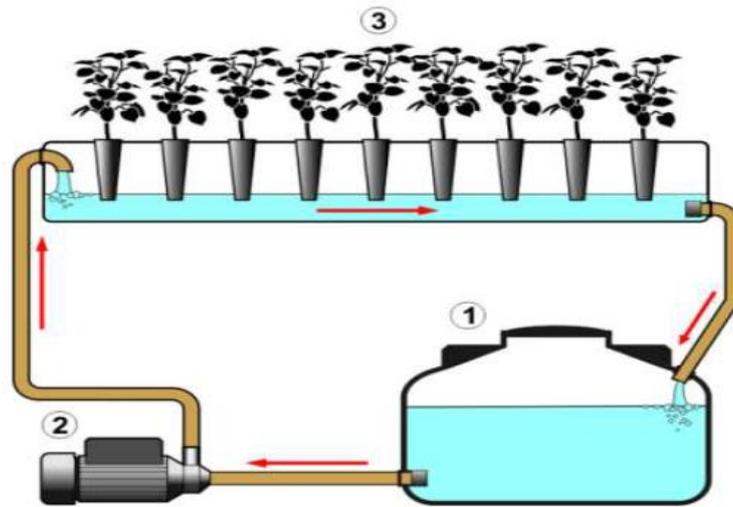
Foram utilizados para a produção das mudas cinco variedades de pitaiá, que constituíram os tratamentos: T1: Golden, T2: Dark Star, T3: Amarela Colombiana, T4: Vermelha da UFLA e T5: Branca Comum. O experimento foi conduzido em ambos os locais sob o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 4 blocos e 5 plantas por parcela, totalizando 100 mudas por local, 200 no total.

Para o experimento em sistema semi-hidropônico, utilizou-se o sistema modificado por Faquin e Chalfun (2008) que consiste em um sistema intermediário entre o sistema DFT (Deep Film Technique ou Floating) e o NFT (Nutrient Film Technique), onde os tubetes ficam em contato permanente com a solução nutritiva conforme a Figura 3. Foi utilizada uma caixa rasa (piscina hidropônica) confeccionada de material fibroso, com dimensão de 3,00 x 0,60 x 0,20 m, dispostas e niveladas em bancadas de 0,8 m de altura. Para o plantio das estacas foram utilizados tubetes de plásticos (T3800) com volume de 3800 cm³, utilizando como substrato, a vermiculita (granulometria média). Os tubetes ficaram dispostos em grades de plásticos sobre a piscina hidropônica e permaneceram em contato com uma lâmina de 5 cm da solução nutritiva, formulada com Hidrogood Fert (10-09-28 + micros) 720 g, Calcium 540 g (Calcium Nitrate 15,5 – 0 – 0 + 26,5 Cao) e Quelato de ferro EDDHA 40 g, diluídos em 1000 litros de água em um reservatório. A circulação da solução nutritiva pelo sistema foi efetuada por uma motobomba ligada ao reservatório de água (1000 L), acionada por um temporizador (“timer”), em intervalos de 15 minutos durante o dia e de 3 horas durante a noite. O excesso de solução nutritiva na “piscina” retornou ao reservatório por gravidade, através de tubulação adequada. O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5 e a solução nutritiva foi trocada a cada 30 dias. As trocas da solução nutritiva foram realizadas semanalmente, quando a caixa de água era esvaziada e substituída por nova solução. Para evitar entrada de luz e formação de algas na solução, os orifícios que não contenham os tubetes foram cobertos com uma lona preta.

Para o experimento em sistema convencional, as mudas da pitaiá foram plantadas em sacolas de polietileno com capacidade de 3,5 L, utilizando substrato vegetal Vida Verde® (Turfa e casca de pinus), ao substrato foi adicionado 8 g de fertilizante de liberação lenta (Osmocote®16-08-12) por saquinho. A irrigação foi realizada diariamente de forma manual com regador de 10 L de capacidade até o final do experimento.

Em ambos os sistemas de produção foi realizado diariamente o controle fitossanitário preventivo, assim como, foram retirando-se os demais brotos secundários que saíam das mudas a fim de deixar um broto por muda.

Figura 3 - Esquema do sistema semi-hidropônico de cultivo de frutíferas: (1) reservatório de solução nutritiva; (2) motobomba e (3) piscina: caixa nivelada dimensionada para receber os suportes que contém os tubetes.



Fonte: Faquin e Chalfun (2008).

3.3. Variáveis analisadas

Ao final do experimento, aos 90 dias do plantio, foi realizada a medição do comprimento e diâmetro das brotações, com auxílio de uma régua graduada e paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, respectivamente. O comprimento da parte aérea foi mensurado partindo-se da inserção do cladódio brotado até a exterminada apical, com auxílio de uma régua graduada.

Posteriormente, as mudas dos dois experimentos foram retiradas de seus recipientes, as raízes foram lavadas para remoção do substrato aderido às raízes e foi realizada a avaliação de comprimento da raiz principal, com auxílio de uma régua, o comprimento do sistema radicular foi mensurado da inserção da raiz até a extremidade da maior raiz.

Depois, as brotações e as raízes das mudas, foram separadas com ajuda de uma tesoura, foram colocadas em sacos de papel, identificadas a segundo o tratamento. O sistema radicular e a parte aérea foram pesados em balança de precisão para obtenção da massa fresca

(g). Em seguida, foi mensurado o volume do sistema radicular com ajuda de uma proveta de 2 L, por meio do deslocamento de coluna d'água, preenchendo uma proveta graduada com água, em seguida acrescentando as raízes e observando-se a movimentação do menisco. Após o processo, subtraiu-se o volume inicial do volume final e a diferença obtida foi o volume das raízes. Para determinar a massa seca. O sistema radicular e a parte aérea foram colocados em estufa com circulação de ar forçado a 65 °C, onde permaneceram até atingir peso constante. Posteriormente, foi feita a pesagem em balança com precisão de 0,001 g, mensurando assim a massa seca (g) dos brotos (MSB) e sistema radicular (MSSR). A massa seca total (MST) foi obtida com o somatório entre a massa seca da parte aérea e do sistema radicular

Foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (DICKSON, 1960), que permite estabelecer um parâmetro de referência de qualidade das mudas calculado através da seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{MST(g)}{\left[\frac{CPA(cm)}{DC(mm)} \right] + \left[\frac{MSB(g)}{MSSR(g)} \right]} \quad (1)$$

Em que: IQD – Índice de Qualidade de Dickson; MST – massa seca total; CPA – comprimento da parte aérea; DC – diâmetro do caule; MSB – massa seca brotos; MSSR – massa seca do sistema radicular.

3.4. Análise estatística

Os dados coletados nos experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de normalidade de resíduos Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias de O'Neil e Mathews a nível de 5% de significância e comparação das médias pelo teste de Tukey. Para o procedimento das análises dos dados, foi considerado que cada ensaio experimental representa um “ambiente” denominado local. Foi realizada uma análise de variância individual das variáveis em cada local, posteriormente foi calculada a relação entre os quadrados médios residuais de cada variável nos experimentos (maior QM/menor QM) a qual deve ser menor do que 7 (PIMENTEL GOMES, 2009), para realizar a análise conjunta de experimento. Todas as análises foram realizadas com auxílio do Software R (R CORE TEAM, 2023), com a função do pacote Agricolae (DE MENDIBURU, 2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre os quadrados médios residuais (RQMR) das análises individuais das variáveis: massa fresca, massa seca das raízes e Índice de Qualidade Dickson, foi superior de 7:1 (Apêndice 1), não permitindo a comparação dos ambientes de cultivo destas variáveis pela análise conjunta. Portanto, entende-se que os sistemas (semi-hidropônico e convencional) não influenciou os resultados para essas variáveis. Para o restante das variáveis avaliadas neste estudo, os quocientes obtidos por meio da relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (RQMR) das análises de variância individuais dos caracteres revelaram valores inferiores a sete, permitindo a comparação dos ambientes de cultivo, indicando a existência de homogeneidade nas variâncias dos erros experimentais, procedeu-se, então, a análise conjunta dos experimentos e a comparação dos ambientes semi-hidropônico e convencional.

O resumo da análise de variância conjunta (Apêndice 2) mostra que houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação tratamento x local, para as variáveis comprimento médio das brotações, massa fresca e massa seca das brotações e comprimento das raízes, para a variável diâmetro das brotações houve efeito significativo para local e tratamento e para a variável volume das raízes só houve efeito significativo para tratamento. A seguir, são apresentados os resultados para cada característica avaliada.

4.1. Comprimento médio e Diâmetro das brotações

No gráfico da Figura 4, observa-se que no sistema semi-hidropônico os tratamentos apresentaram maiores valores de comprimento e diâmetro das brotações com relação ao sistema convencional. Possivelmente, os maiores crescimentos no sistema semi-hidropônico foram influenciados pela disponibilidade imediata de nutrientes na solução nutritiva que possibilitou uma maior absorção dos elementos minerais necessários para o rápido crescimento vegetal das brotações de pitaia.

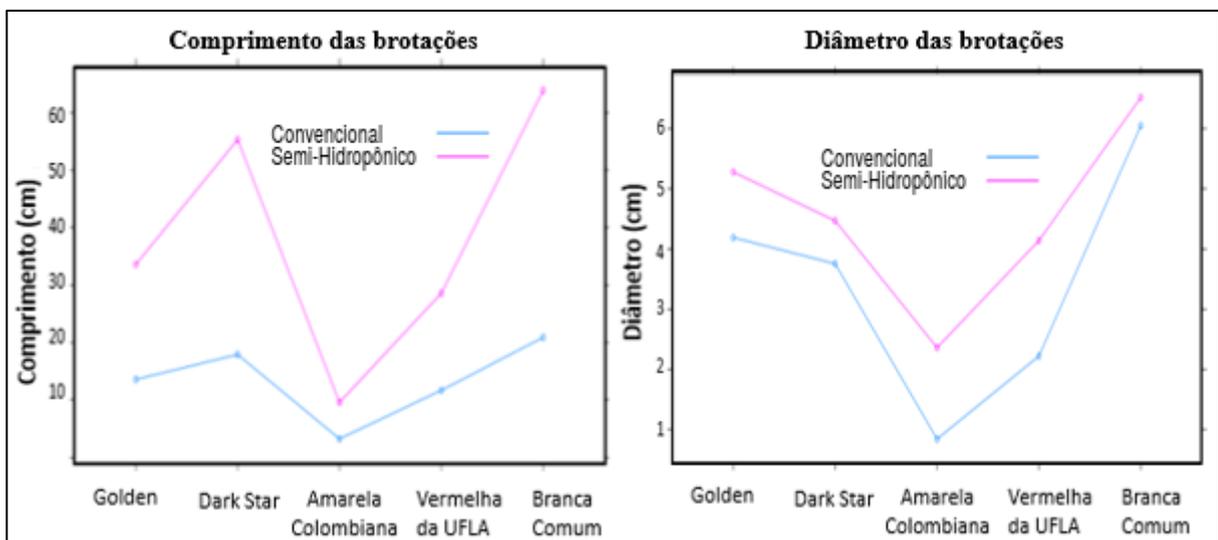
A solução nutritiva fornecendo os nutrientes que a pitaia precisa para o crescimento das mudas, especialmente o nitrogênio, um dos nutrientes minerais mais limitante para a produção das culturas vegetais, pois está envolvido na síntese de aminoácidos, ácidos nucleicos e proteínas (TAIZ et al., 2017). Gomes et al. (2021) avaliando o desenvolvimento de porta-enxertos cítricos até o ponto de enxertia, em sistema semi-hidropônico, concluíram que foi reduzido em 90 dias o ciclo de desenvolvimento das variedades de porta-enxerto,

quando comparado ao sistema convencional de produção de mudas de porta-enxerto de cítricos.

Cunha et al. (2022) avaliando a produção de mudas clonais de cafeeiro em sistema hidropônico modificado em comparação ao sistema convencional de casa de vegetação climatizada, concluíam que o sistema inovador de hidroponia modificada promoveu maior crescimento das mudas de cafeeiro produzidas por estaquia em tubetes com vermiculita em relação às produzidas em sistema convencional.

Souza et al., (2017) avaliando o método de propagação influencia o desempenho de pessegueiro com mudas oriundas de três diferentes técnicas de propagação. 1) Sistema Convencional (CS) - enxertia da copa sobre o porta-enxerto 'Okinawa' obtido por semente; 2) Porta-enxerto clonado (RM) - enxertia da copa sobre o porta-enxerto 'Okinawa' obtido por miniestaquia em sistema semi-hidropônico; 3) Autoenraizamento (SR) - autoenraizamento da copa em sistema semi-hidropônico, concluíram que o sistema de produção da muda por semi-hidroponia proporcionou plantas de qualidade igual ou superior ao método tradicional, tornando-se uma alternativa de propagação de pessegueiro.

Figura 4 - Gráfico referentes às variáveis comprimento médio e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional



Fonte: Do autor (2023).

Outra pesquisa realizada por Lima et al., (2023) estudando a produção de mudas de café canéfora por estacas em sistema hidropônico modificado e convencional, utilizando diferentes recipientes e substratos, encontraram maior comprimento e diâmetro do caule nas

mudas produzidas no sistema hidropônico, concluído que a produção de mudas de café canéfora por estacas em sistema hidropônico modificado é promissora e apresenta alta qualidade fitotécnica e fisiológica.

Trabalho realizado por Souza et al., (2015) para determinar a produção de massa seca das partes da muda e o acúmulo total de nutrientes em mudas enxertadas de cultivares de pereira em sistema hidropônico, verificaram que as mudas de pereira cresceram e desenvolveram-se adequadamente em sistema de produção hidropônica, uma vez que não apresentaram sintomas de deficiência ou excesso nutricional.

Nascimento et al. (2011) avaliando o crescimento e o conteúdo de nutrientes de mudas micropropagadas de mirtilheiro para formação de microjardim clonal em sistema convencional e semi-hidropônico, obtiveram também maiores crescimentos no sistema hidropônico para as variáveis altura da parte aérea, maior número de brotações. Jardina et al., (2017) estudando o desempenho produtivo e a qualidade de cultivares de rúcula em sistema de cultivo semi-hidropônico, encontraram que o sistema semi-hidropônico mostrou-se eficiente para o crescimento e desenvolvimento das plantas de rúcula, alcançando altos índices de produção em comparação ao sistema convencional.

Porém, os resultados deste trabalho discordam dos encontrados por Melo et al. (2020), em estudo sobre aclimatização de mudas de abacaxizeiro micropropagado em sistema convencional e semi-hidropônico, encontraram maior crescimento no sistema convencional nas variáveis folha D e números de folhas em comparação com o sistema semi-hidropônico.

Outro fator que pode ter incidido no desenvolvimento vegetativo das mudas de pitaias no ambiente convencional foi a baixa temperatura, pois no período de agosto a setembro apresentou temperaturas mínimas sob os 10°C. De acordo com Le Bellec; Vaillant; Imbert. (2006), as pitaias em condições climáticas ambientais normais apresentam um crescimento rápido e contínuo, porém, em condições climáticas desfavoráveis (seca, salinidade, temperaturas muito baixas) as plantas apresentaram repouso vegetativo.

De acordo com a análise de variância (Tabela 1), observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis comprimento e diâmetro das brotações em ambos os locais. As variedades Branca Comum (63,9 cm e 20,91 cm) e Dark Star (55,325 cm e 17,925 cm) apresentaram maiores crescimentos vegetativos em ambos os locais, por outro lado, a variedade Amarela Colombiana (9,595 cm e 3,25 cm) apresentou menor crescimento.

No caso do diâmetro das brotações, a variedade Branca (6,52 cm e 6,05 cm) seguida da Golden (5,25 cm e 4,19 cm) apresentaram os melhores resultados em ambos os locais,

enquanto a variedade Amarela Colombiana (2,36 cm e 0,84 cm) mostrou os valores mais baixos em ambos os locais.

Estudando tamanho do cladódio na propagação por estaquia de *H. undatus*, *H. polyrhizus*, *H. setaceus* e *H. megalanthus*, Silva (2014), encontrou menor tamanho para as brotações na variedade *H. megalanthus*. Possivelmente, devido esta variedade ser considerada tardia necessitando de mais tempo para emitir brotações (67 DAP) em ambos os locais. A pitia Amarela Colombiana é uma variedade que por características genéticas se difere morfológicamente das demais. De acordo com Le Bellec; Vaillant (2011); Mizrahi (2015), a pitia Amarela Colombiana, apresenta crescimento vegetativo mais lento e pode até levar até 3 anos para produzir.

Tabela 1 - Comprimento das brotações (CB) e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.

Tratamentos	Variedades	CB (cm)		DB (CM)	
		Semi-Hidropônico	Convencional	Semi-Hidropônico	Convencional
T1	Golden	33,61 b	13,6 ab	5,28 ab	4,19 b
T2	Dark Star	55,325 a	17,925 a	4,47 b	3,755 bc
T3	Amarela Colombiana	9,595 c	3,25 b	2,36 c	0,84 d
T4	Vermelha da UFPA	28,595 b	11,695 ab	4,14 b	2,22 cd
T5	Branca Comum	63,9 a	20,91 a	6,52 a	6,05 a
CV (%)		13,9	40,81	13,45	31,34

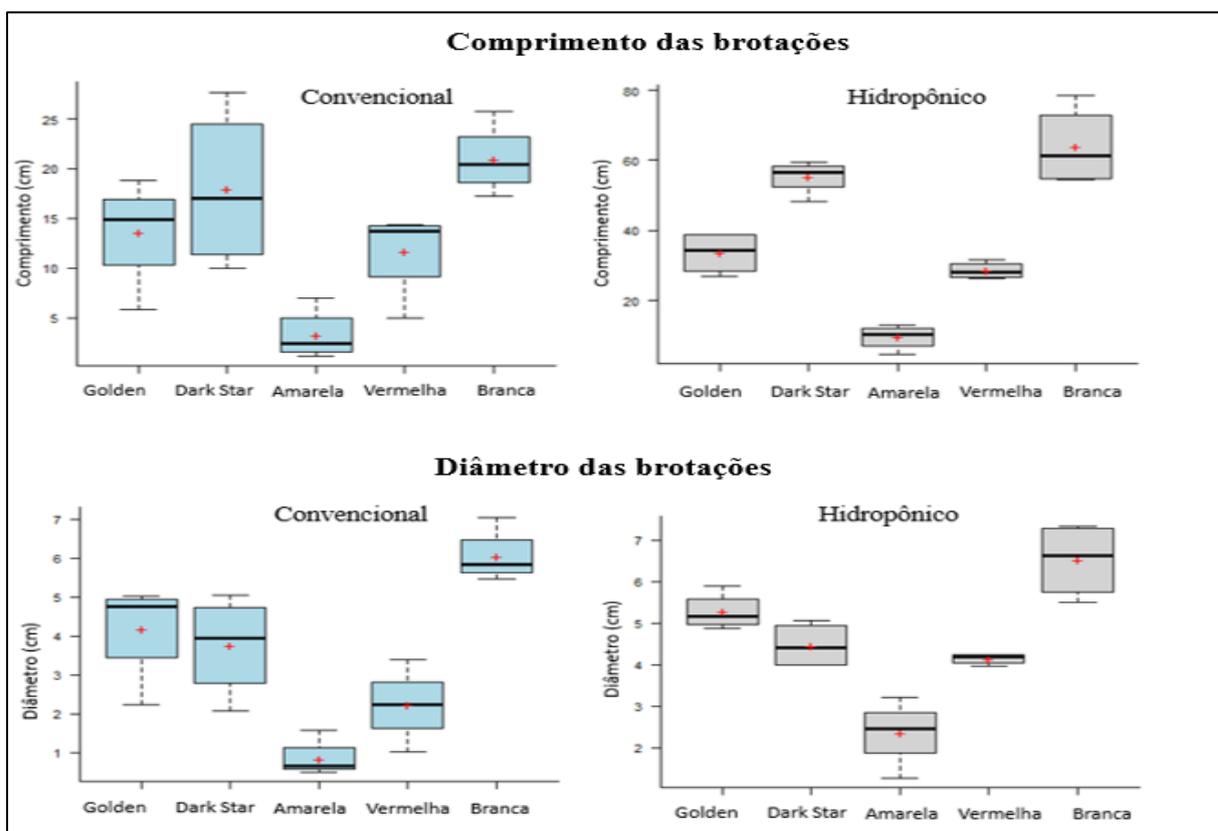
As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

Analisando os resultados dos tratamentos (Figura 5) o maior desenvolvimento das brotações provavelmente ocorreu no sistema semi-hidropônico porque as mudas de pitia permaneceram em contacto com a lâmina constante de água, onde os nutrientes são subministrados de forma periódica diluídos na água. As plantas com metabolismo ácido crassuláceo apresentam maior eficiência no uso da água em condições de suprimento adequado (PIMENTEL, 2004). Estas condições ambientais no sistema semi-hidropônico principalmente à noite, quando as temperaturas são mais baixas e a umidade relativa mais alta, reduzem a demanda transpiratória, incrementando a captação de CO₂ (TAIZ et al., 2017).

No sistema convencional a irrigação foi realizada manualmente uma vez ao dia, o que pode ter influenciado no comprimento das brotações, pois pesquisa realizada por Moreira et al. (2018) avaliando o turno de rega para a produção de mudas de pitia em ambiente protegido determinaram que a frequência de irrigação a cada 3 dias, obteve o melhor

desempenho para as variáveis comprimento e diâmetro dos cladódios. Resultados similares também foram encontrados por Guimarães et al. (2021) e Diógenes et al. (2022), estudando o efeito de substratos e frequências de irrigação sobre o crescimento de mudas de pitaiá de casca e polpa vermelhas (*H. costaricensis*) sob diferentes doses de hidrogel no desenvolvimento de mudas de pitaiá branca (*H. undatus*). Diógenes et al. (2022) concluíram que a frequência diária de irrigação afetou negativamente o crescimento das brotações.

Figura 5 - Boxplots referentes às variáveis comprimento médio e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023).

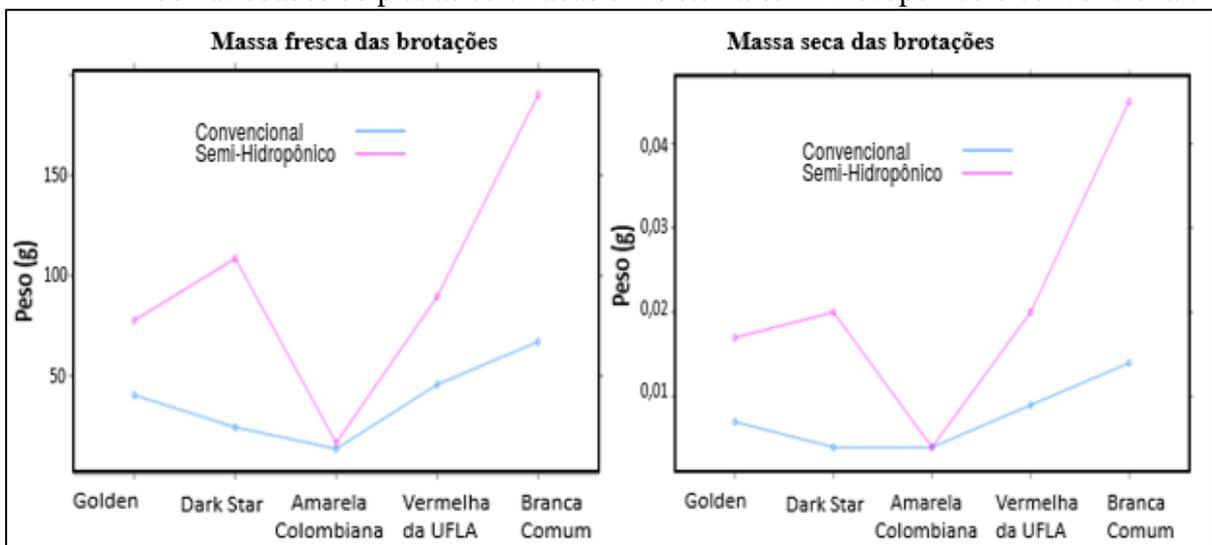
Trindade et al., (2020), destacam que uma das vantagens da produção de pitaiá em estufa agrícola, consiste na rapidez do desenvolvimento das plantas em comparação com às plantas instaladas no solo, provavelmente isso, devido ao aumento da temperatura. Oliveira et al., (2022) As mudas produzidas em ambientes protegidos possuem condições ideais de crescimento e melhores disponibilidade de água, nutrientes e luz, apresentando um desenvolvimento mais rápido e maior vigor, o que propicia resultados mais satisfatórios no campo.

4.2. Variável massa fresca e massa seca das brotações

Estudando a Figura 6, observa-se que para a variável massa fresca das brotações os tratamentos apresentaram maiores valores no sistema semi-hidropônico em relação ao sistema convencional, enquanto à variável massa seca das brotações os tratamentos apresentaram maiores valores no sistema semi-hidropônico a exceção da variedade Amarela Colombiana que apresentou maior peso seco no sistema convencional. O maior acúmulo de massa seca e está associado ao maior crescimento e vigor das mudas.

Esse resultado pode ser atribuído à disponibilidade de água no sistema hidropônico, o fato das mudas estarem em contato permanente com a solução nutritiva pode permitir maior captação de CO₂ atmosférico durante o dia todo e compensar as perdas de água por transpiração através da absorção de água e minerais fornecidos pelo sistema. O dióxido de carbono é um dos elementos essenciais para a fotossíntese. Em um sistema hidropônico, as plantas são cultivadas em uma solução nutritiva que contém todos os nutrientes essenciais para a fotossíntese. Para Taiz et al., (2017) a assimilação de CO₂ atmosférico durante o dia todo, incrementa a taxa de fotorrespiração aumentando a produção de biomassa.

Figura 6 - Gráfico referentes às variáveis massa fresca e massa seca das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023).

As pitaias apresentam predominantemente metabolismo CAM em seu habitat, o que favorece a sobrevivência em condições áridas e semiáridas, porém, sob condições de adequada disponibilidade hídrica as pitaias têm a capacidade de efetuar CAM facultativo, ou

seja, é capaz de apresentar comportamento C3 durante o dia permitindo a abertura estomática durante o dia e garantindo a maior fixação de CO₂ com o menor gasto energético possível para a planta (SANTOS et al., 2010; TAIZ et al., 2017).

Os resultados apresentados na análise de variância (Tabela 2), indicam que houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis massa fresca e massa seca das brotações em ambos os locais. Para a variável massa fresca das brotações a variedade Branca Comum (190,17 g e 67,083 g) apresentou os maiores ganhos de peso fresco em ambos os locais, seguida da variedade Dark Star (108,50 g) no sistema semi-hidropônico e da variedade vermelha da UFLA (45,665 g) no sistema convencional. Menores massas frescas foram obtidas pela variedade Amarela Colombiana, possivelmente por esta espécie apresentar cladódios mais delgados e crescimento vegetativo mais lento em comparação com as outras variedades.

Em relação a variável matéria seca das brotações, a variedade Branca Comum (0,045 g) apresentou o maior valor, seguida da variedade Dark Star (0,02 g) e Vermelha da UFLA (0,0195 g). No sistema convencional, a variedade Branca Comum (0,0138 g) mostrou o melhor resultado, as demais variedades não diferiram significativamente entre elas. Discordando dos resultados obtidos neste trabalho, Melo et al., (2020) em estudo sobre aclimatização de mudas de abacaxizeiro micropropagado em sistema convencional e semi-hidropônico, encontraram o maior conteúdo de massa seca da parte aérea no sistema convencional. A pitáia adapta-se a variadas condições, prefere climas subúmidos, meia sombra, mas pode adaptar-se a climas de diversos tipos, desde os tropicais aos subtropicais até aos áridos (DONADIO, 2009).

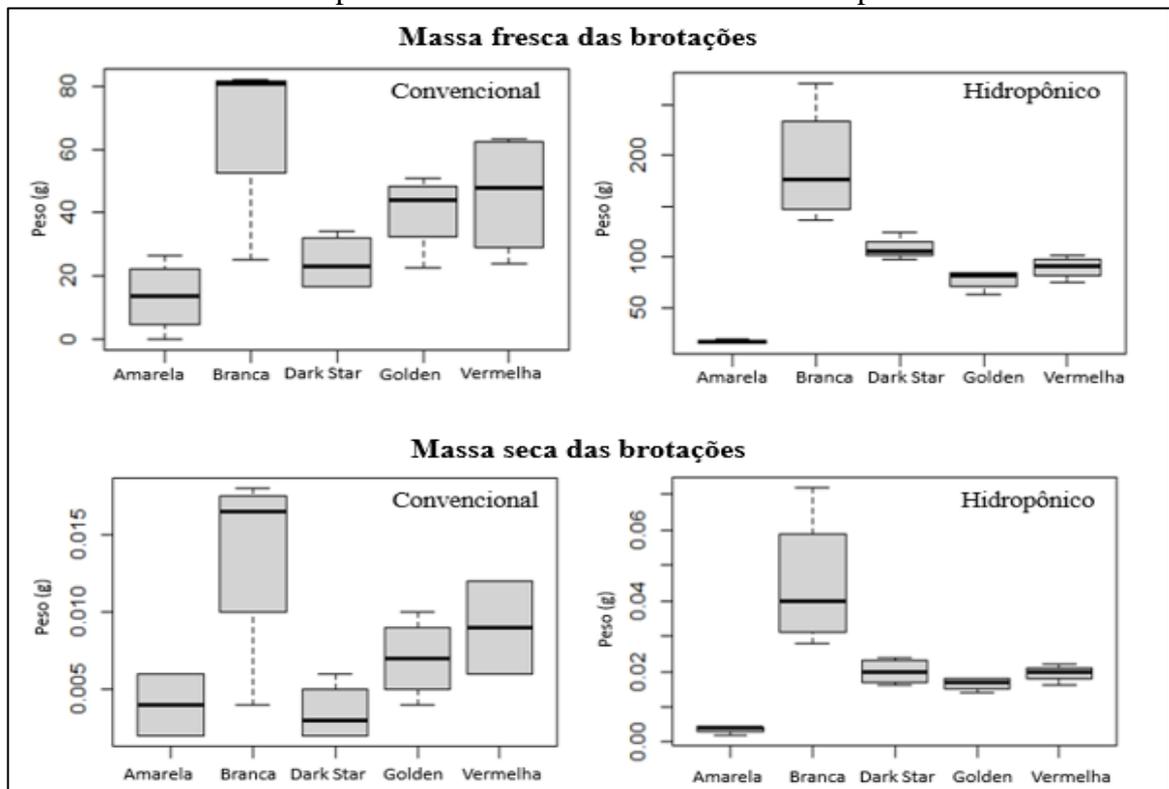
Tabela 2 – Massa fresca (MFB) e Massa seca das brotações (MSB) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.

Tratamentos	Variedades	MFB (g)		MSB (g)	
		Semi-Hidropônico	Convencional	Semi-Hidropônico	Convencional
T1	Golden	77,668 b	40,335 ab	0,0165 bc	0,007 b
T2	Dark Star	108,50 b	24,335 ab	0,02 b	0,0035 b
T3	Amarela Colombiana	16,583 c	13,538 b	0,0035 c	0,004 b
T4	Vermelha da UFLA	89,50 b	45,665 ab	0,0195 b	0,009 b
T5	Branca Comum	190,17 a	67,083 a	0,045 a	0,0138 a
CV (%)		28,12	45,39	40,74	46,63

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

Analisando os resultados dos tratamentos (Figura 7) os cactos são plantas com caules suculentos constituídos de uma camada externa fotossintética que circunda tecidos não fotossintéticos, os quais servem como reservatórios de água; durante a seca, a água é perdida preferencialmente das células não fotossintéticas; assim, o estado hídrico do tecido fotossintético é mantido (TAIZ et al., 2017). Outros autores relatam que as plantas com metabolismo ácido crassuláceo não permite uma grande acumulação de massa seca, porém economiza água, podendo então ser considerado como o único tipo de metabolismo fotossintético que confere adaptação à seca (PIMENTEL 2004).

Figura 7 - Boxplots referentes às variáveis massa fresca e massa seca das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023).

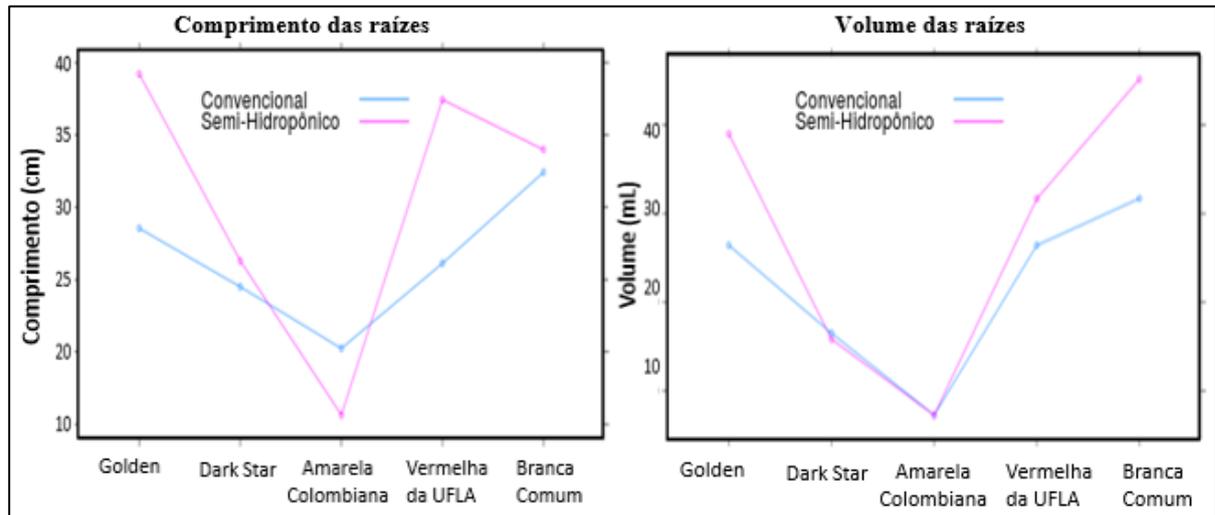
4.3. Variável comprimento médio e volume das raízes

O sistema radicular bem desenvolvido garante maior capacidade de absorção de água e nutrientes. Para a variável comprimento médio das raízes os tratamentos apresentaram maiores valores no sistema semi-hidropônico a exceção da variedade Amarela Colombiana que apresentou maior comprimento médio das raízes no sistema convencional. Para a variável volume das raízes os tratamentos apresentaram maiores valores no sistema semi-hidropônico

a exceção da variedade Dark Star que apresentou maior volume das raízes no sistema convencional, a variedade Amarela Colombiana mostrou os mesmos resultados em ambos os locais (Figura 8).

Esses resultados de maior comprimento das raízes no sistema semi-hidropônico podem estar influenciados no desenvolvimento das raízes foi a temperatura, no sistema convencional as temperaturas mínimas foram amenas nos meses de julho até setembro em relação ao sistema semi-hidropônico. A temperatura do solo é um fator que interfere no desenvolvimento do sistema radicular, geralmente as baixas temperaturas restringem absorção de água e nutrientes do solo. De acordo com Taiz et al. (2017), a absorção de água das plantas decresce quando as raízes são submetidas a baixas temperaturas. Lone e Takahashi, (2019) avaliando o enraizamento e brotação de estacas de pitaias em diferentes períodos do ano, concluíram que o enraizamento das estacas de pitaias é favorecido por temperaturas elevadas. Assim, os autores observaram que a época do ano (primavera/verão) que apresentam temperaturas mais elevadas favorece o processo de enraizamento.

Figura 8 - Gráfico referentes às variáveis comprimento médio e volume das raízes de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023).

O desenvolvimento do sistema radicular é um fator muito importante na formação de mudas, as raízes contribuem com a nutrição da planta através da absorção de água e minerais presentes no solo. De acordo com Queiroga et al. (2021), o sistema radicular das pitaias é fasciculado e superficial, podendo se estender até 4 m horizontalmente e se aprofundar até 30 cm. Seu desenvolvimento pode ser afetado por vários fatores abióticos como a disponibilidade de água, temperatura, solo ou substrato.

Um dos principais fatores que interferem na formação de mudas é o substrato, pois deve garantir o desenvolvimento e manutenção do sistema radicular, estabilidade da planta e suprimento de água, nutrientes e oxigênio (NASCIMENTO et al., 2011). O substrato é um dos fatores de maior influência no enraizamento de estacas, pois sua composição fornece umidade, aeração e suporte adequados à estaca (ANTUNES et al., 2020). A composição química e física do substrato são fatores primordiais para a produção de mudas, porém, apenas o substrato não conseguirá disponibilizar os nutrientes necessários para o desenvolvimento inicial da espécie (BERTI et al., 2017).

Cunha et al. (2022), obtiveram o maior desenvolvimento do sistema radicular em mudas de café em sistema hidropônico em comparação ao sistema convencional, mostrando o melhor desempenho das mudas no sistema hidropônico.

Os resultados apresentados na análise de variância (Tabela 3), indicam que houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis comprimento médio e volume das raízes em ambos os locais. Para a variável comprimento médio das raízes, no sistema semi-hidropônico sobressaíram as variedades Golden (39,2 cm) e Vermelha da UFLA (37,43 cm) seguidas da variedade Branca Comum (33,98 cm). No sistema convencional, destacou-se a variedade Branca Comum (32,43 cm).

Tabela 3 – Comprimento médio das raízes (CR) e Volume das raízes (VR) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.

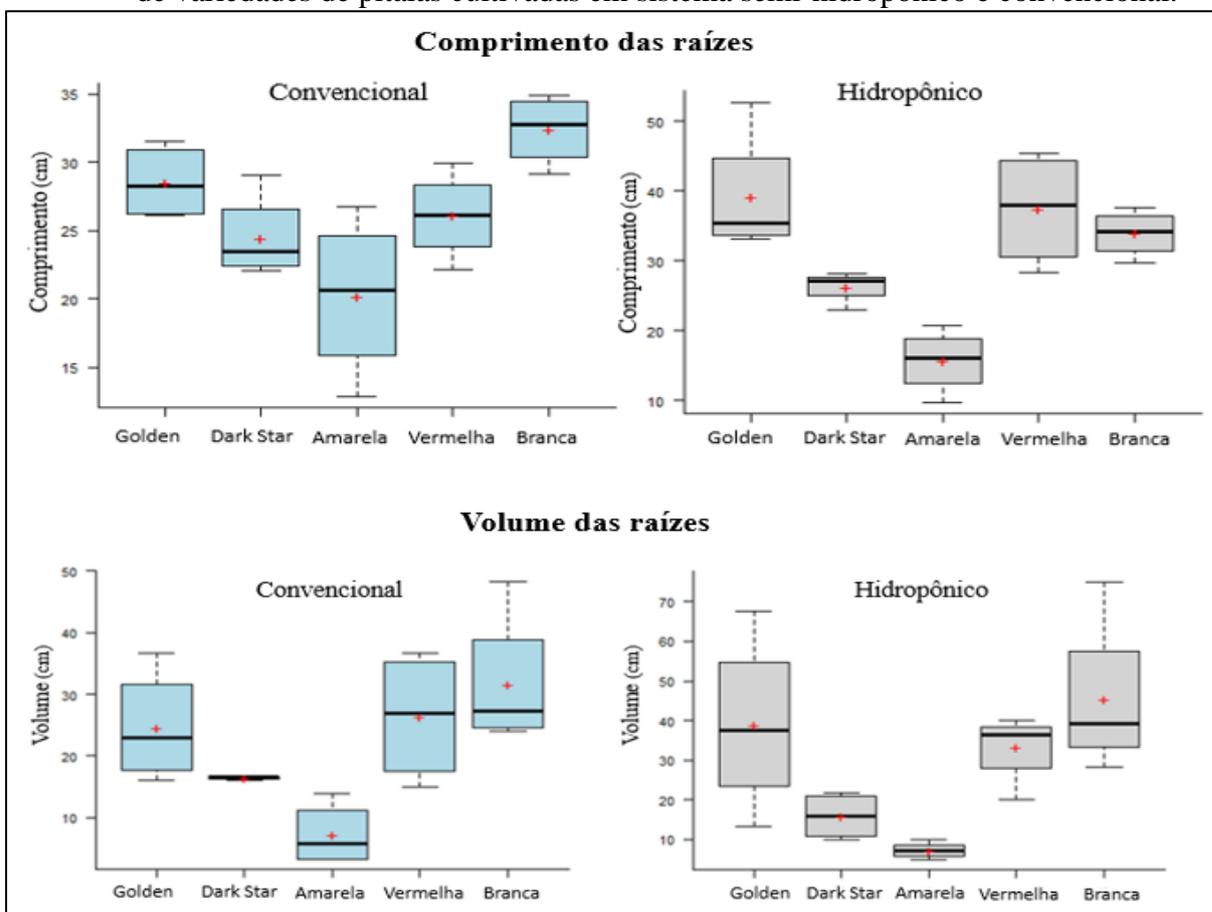
Tratamentos	Variedades	CR (cm)		VR (mL)	
		Semi-Hidropônico	Convencional	Semi-Hidropônico	Convencional
T1	Golden	39,21 a	28,54 ab	39,00 ab	24,67 ab
T2	Dark Star	26,29 b	24,50 ab	15,83bc	16,50ab
T3	Amarela Colombiana	15,63 c	20,24 b	7,25 c	7,25 b
T4	Vermelha da UFLA	37,43 a	26,12 ab	33,17 ab	26,42 ab
T5	Branca Comum	33,98 ab	32,43 a	45,42 a	31,71 a
CV (%)		16,92	14,42	46,45	29,36

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

Para a variável volume das raízes, observou-se que o sistema hidropônico proporcionou os maiores resultados a exceção da variedade Dark Star que foi superior no sistema convencional. A variedade Branca (45,42 mL e 31,74 mL) atingiu o maior volume em ambos os locais, seguida das variedades Golden (39 mL e 24,67 mL) e Vermelha (33,17 mL e 26,42 mL).

Ao analisar os resultados dos tratamentos (Figura 9) a pouca disponibilidade de água no solo estimula o alongamento das raízes em procura de água. Em mudas de mudas de pitaiá Branca (*Hylocereus undatus*), Diógenes et al. (2022), observaram acréscimo de comprimento das raízes quando a frequência de irrigação foi maior. Souza et al. (2023), avaliando a influência dos turnos de irrigação (48, 96, 144, 192, 240, 288 horas) no desenvolvimento inicial de dois genótipos de mudas de pitaiá produzidas em ambiente protegido, encontraram o maior comprimento das raízes as 240 horas.

Figura 9 - Boxplots referentes às variáveis comprimento médio e volume das raízes de mudas de variedades de pitaiás cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023).

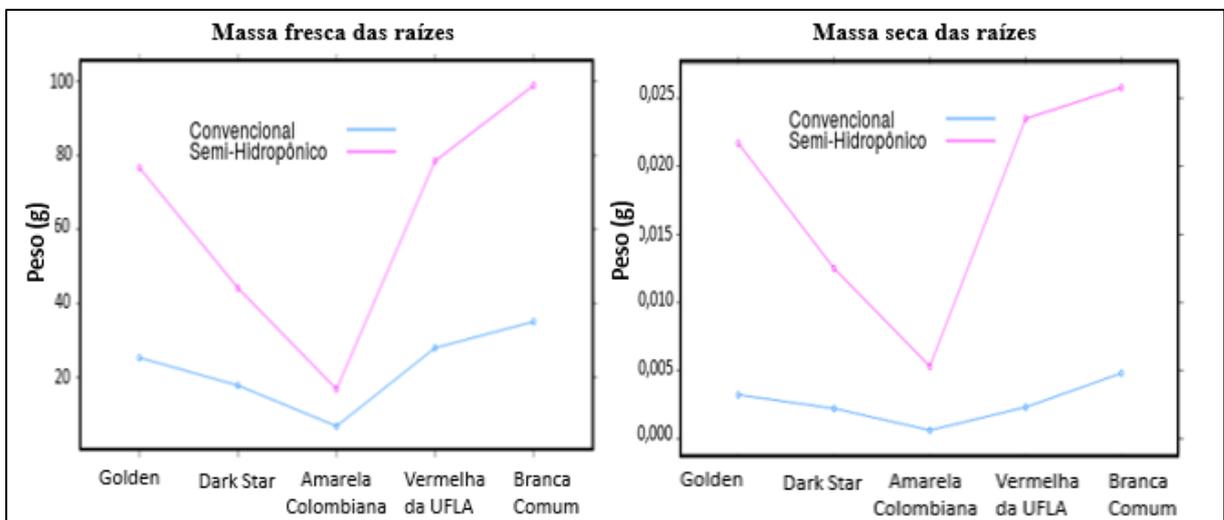
Pesquisas realizadas por Villa et al. (2017), estudando o enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira em dois substratos (perlita e areia fina lavada), encontraram resultados significativos e positivos no desenvolvimento do sistema radicular, usando areia fina lavada. Guimarães et al., (2021) usando substratos orgânicos (terra para vasos; terra para vasos + esterco + maravalha de madeira; e areia lavada) também obtiveram os melhores resultados no desenvolvimento das raízes usando areia fina.

4.4. Variável massa fresca e massa seca das raízes

A Figura 10, observou-se que no sistema semi-hidropônico, os tratamentos apresentaram maiores valores de massa fresca e massa seca das raízes com relação ao sistema convencional. Esses resultados podem ser relacionados às variáveis massa fresca e seca das brotações, onde possivelmente ocorreu uma maior captação de CO₂ atmosférico durante o dia todo, a absorção de dióxido de carbono é fundamental para o crescimento das plantas, produção de açúcares e outros compostos orgânicos aumentando o processo fotossintético, favorecendo o incremento de biomassa nas mudas no sistema semi-hidropônico. Quando as temperaturas são mais baixas e a umidade relativa mais alta, reduzem a demanda transpiratória, incrementando a captação de CO₂. (TAIZ et al., 2017).

Estudos realizados por Lima et al., (2021) analisando a produção de mudas de café em sistema hidropônico modificado e viveiro, em dois tipos de recipientes (tubete e saco de polietileno), para três cultivares de café Arábica, encontraram maiores teores de massa fresca e seca de raízes no sistema convencional em comparação ao sistema hidropônico.

Figura 10 - Gráfico referentes às variáveis comprimento médio e diâmetro das brotações de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023).

Esses resultados do menor peso de massa fresca e massa seca no sistema convencional pode estar influenciado pelo substrato, no sistema semi-hidropônico foi utilizado vermiculita e no sistema convencional foi usado um substrato vegetal. Antunes et al., (2020), relatam que

o substrato é um dos fatores de maior influência no enraizamento de estacas, pois sua composição fornece aeração e suporte adequados à estaca.

Na análise de variância apresentados na Tabela 4, indicam que houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis massa fresca e massa seca das raízes em ambos os locais. Para a variável massa fresca das brotações a variedade Branca Comum (98,917 g e 35,083 g) apresentou os maiores ganhos de peso fresco das raízes, seguida da variedade Vermelha da UFLA (78,5 g e 28,0 g) em ambos os locais.

Em relação a variável matéria seca das raízes, a variedade Branca Comum (0,045 g e 0,0048 g) apresentou o maior valor em ambos os locais, seguida da variedade Vermelha da UFLA (0,0195 g) no sistema semi-hidropônico e da variedade Golden (0,0032 g) no sistema convencional.

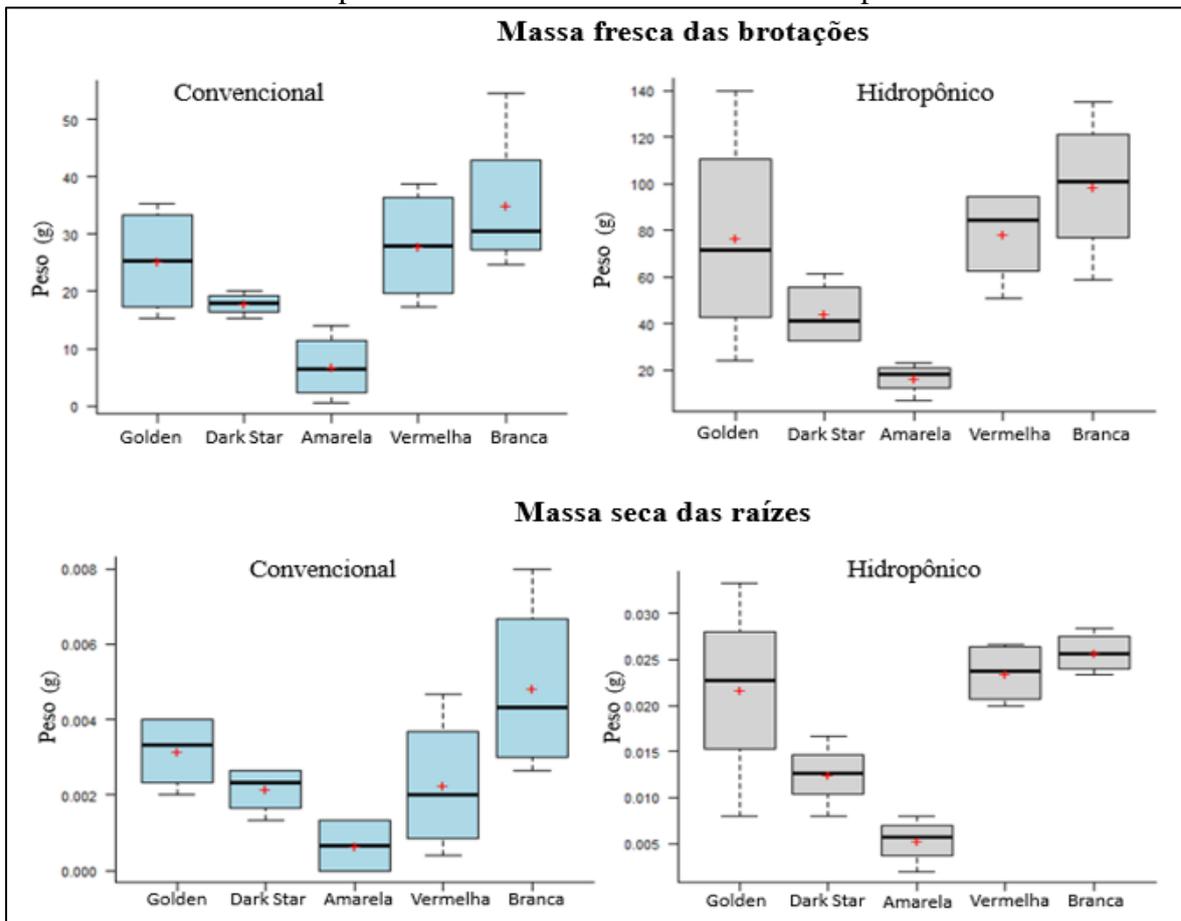
Tabela 4 – Massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.

Tratamentos	Variedades	MFR (g)		MSR (g)	
		Semi-Hidropônico	Convencional	Semi-Hidropônico	Convencional
T1	Golden	76,667 ab	25,333 ab	0,0217 ab	0,0032 ab
T2	Dark Star	44,167 ab	17,833 bc	0,0125 bc	0,0022 ab
T3	Amarela Colombiana	16,833 b	6,833 c	0,0053 c	0,0007 b
T4	Vermelha da UFLA	78,5 ab	28,00 ab	0,0235 ab	0,0023 ab
T5	Branca Comum	98,917 a	35,083 a	0,0258 a	0,0048 a
CV (%)		44,38	31,63	27,83	60,16

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

Enquanto a os tratamentos (Figura 11) pode estar influenciado pelo substrato, no sistema semi-hidropônico foi utilizado vermiculita e no sistema convencional foi usado um substrato vegetal. Pesquisas realizadas por Santos et al., (2010), avaliando diferentes substratos no enraizamento de cladódios de pitaiá, com e sem aplicação de regulador de crescimento (ANA) na formação e desenvolvimento inicial de raízes em estacas de *Hylocereus undatus*, encontraram que o uso de diferentes substratos influenciou na massa seca e fresca de raízes. Ao avaliar diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico e de três tipos de substratos na produção de mudas dessa espécie, Galvão et al., (2016), encontraram efeitos significativos nos pesos da biomassa fresca e seca das raízes.

Figura 11 - Boxplots referentes às variáveis massa fresca e massa seca das raízes de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



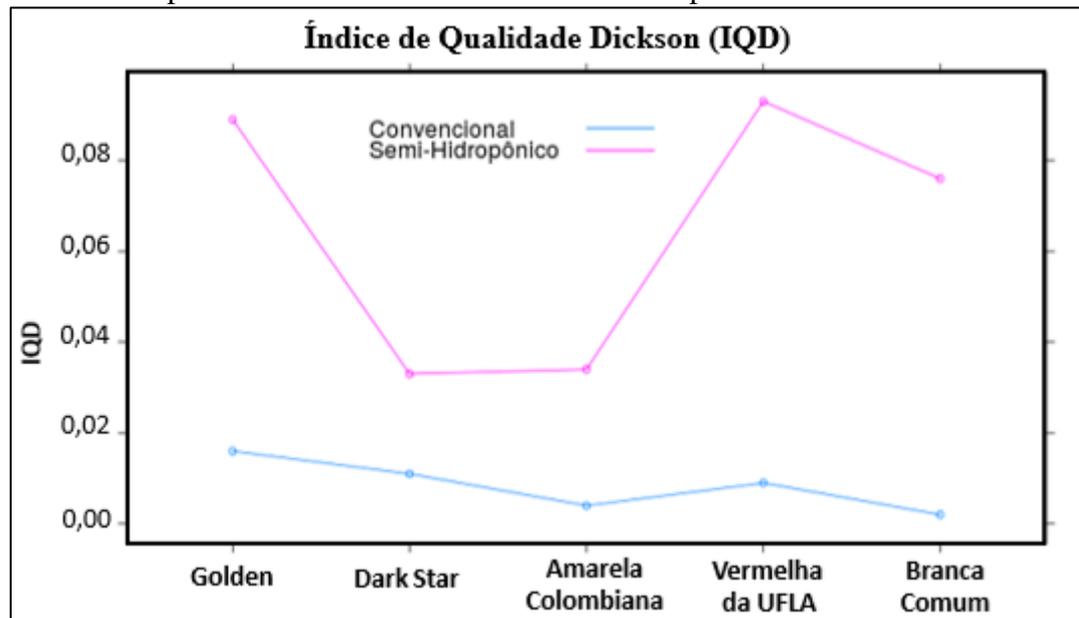
Fonte: Do autor (2023).

4.5. Variável Índice de Qualidade Dickson

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um indicador importante para avaliação de qualidade de mudas, que envolve diversas variáveis morfológicas, considera o vigor e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda e por contemplar diversos parâmetros como o peso de massa seca da parte aérea (PMSPA), da raiz (PMSR), a relação altura/diâmetro e a relação PMSPA/PMSR. Quanto maior for o valor do índice melhor será a qualidade da muda. (GOMES et al., 2019).

Para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) os tratamentos apresentaram maiores valores no sistema semi-hidropônico com relação ao sistema convencional (Figura 12). Esses resultados eram esperados, pois todas as variáveis apresentaram os melhores valores no sistema hidropônico.

Figura 12 - Gráfico referentes à variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023).

Observa-se na Tabela 5 que no sistema hidropônico, os tratamentos apresentaram maiores valores de IQD e massa seca total com relação ao sistema convencional. Esses resultados eram esperados, pois todas as variáveis apresentaram os melhores valores no sistema hidropônico.

Tabela 5 – Índice de qualidade Dickson (IDQ) de mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.

Tratamentos	Variedades	IQD	
		Semi - Hidropônico	Convencional
T1	Golden	0,0888 a	0,0164 ab
T2	Dark Star	0,0330 b	0,0106 ab
T3	Amarela Colombiana	0,0340 b	0,0036 b
T4	Vermelha da UFLA	0,0931 a	0,0087 ab
T5	Branca Comum	0,0759 ab	0,0222 a
CV (%)		32,37	66,44

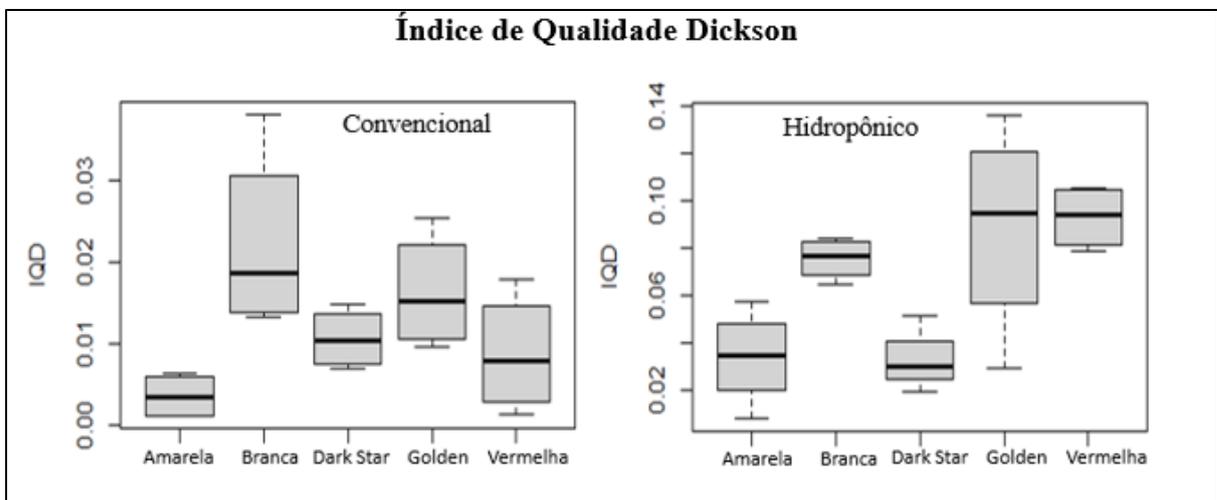
As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Fonte: Do autor (2023).

Na Figura 13 observa-se que no sistema semi-hidropônico as variedades Vermelha da UFLA (0,0931) e Golden (0,0888), apresentaram os melhores resultados, seguidas da variedade Branca Comum (0,0759), no sistema convencional a variedade Branca (0,0222)

apresentou o melhor valor, seguida das variedades Golden (0,0164), Dark Star (0,0106) e Vermelha (0,0087).

Índice de Qualidade Dickson Valores acima a 0,2 de Índice de Qualidade Dickson são consideradas mudas de boa qualidade (GOMES; PAIVA, 2004). No presente trabalho os valores encontrados no IQD são inferiores ao parâmetro estabelecido para a classificação de mudas de boa qualidade, isto pode ser justificado porque para a mensuração da parte aérea, foram tomadas em conta somente as brotações das estacas, além disso, é importante observar que apenas uma gema foi deixada por estaca para estimular o crescimento mais rápido do mesmo. Cavalcante et al. (2016) e Silva et al. (2018), estabelecem quanto maior o valor do IQD, melhor é a qualidade da muda, pois expressa robustez e equilíbrio na distribuição de biomassa. Em relação aos resultados obtidos da variável comprimento das brotações, pode-se afirmar que as mudas de maior altura não são exatamente as melhores em termos de sobrevivência em campo.

Figura 13 - Boxplots referentes às variáveis índice de qualidade dickson e massa seca total e mudas de variedades de pitaias cultivadas em sistema semi-hidropônico e convencional.



Fonte: Do autor (2023)

5. CONCLUSÃO.

Em função dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir:

- O sistema hidropônico propiciou maior crescimento de mudas de pitaias em comparação ao convencional.
- A variedade Branca Comum apresentou maior crescimento nos dois sistemas produtivos.
- As variedades Vermelha da UFLA, Golden e Branca Comum apresentaram maior Índice de Qualidade Dickson.

REFERÊNCIAS.

- ABDI, N.; MIZRAHI, Y. Effects of methyl bromide and storage time on postharvest behavior of three different cultivars of pitaya fruit. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 60, n. 3, p. 319–324, 2012.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDRADE, R. A. DE; MARTINS, A. B. G.; SILVA, M. T. H. Influência da fonte material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus Haw*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 183–186, 2007.
- ANTUNES, L. et al. Efficiency of the millicompost in the production of seedlings of *Hylocereus undatus*. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 881–891, 2020.
- ANTUNES, L. E.; REISSER, J. .; SCHWENGBER, J. E. **MORANGUEIRO**. EMBRAPA, p. 589, 2016.
- BERTI, C. L. F. et al. Crescimento de mudas de baru em substrato enriquecido com nitrogênio, fósforo e potássio. **Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas**, v. 26, n. 2, p. 191–202, 2017.
- BEZERRA, E.; LEVY, N.; BARRETO, P. As técnicas de hidroponia resumo as técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 8, n. 9, p. 107–137, 2012.
- BEZERRA NETO, E. O Cultivo Hidropônico. **Hidroponia**, v. 6, 2017.
- BOLDRIN, K. F. V. et al. Semihydroponic and ebb-and-flow systems for calla lily cultivation. **Ornamental Horticulture**, v. 28, n. 2, p. 142–149, 2022.
- BONONE, L. et al. Influência da temperatura e luminosidade na germinação de sementes das espécies: *Selenicereus setaceus*, *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 18, n. 2, p. 194–201, 2019.

BORTOLOZZO, A. R. et al. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. **EMBRAPA UVA E VINHO**, v. 62, p. 24, 2007.

BUENO, A. I. G. **Microenxertia e efeito de paclobutrazol e sacarose no desenvolvimento in vitro de acessos de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen**. 91 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2018.

CAVALCANTE, L. A. et al. Desenvolvimento de mudas de mulungu fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. **Floresta, Curitiba**, v. 46, n. 1, p. 47–55, 2016.

CUNHA, S. H. et al. Hidroponia modificada e espuma fenólica como inovações tecnológicas na produção de mudas de cafeeiro oriundas de estacas. **SEMINA Ciências Agrícolas**, v. 43, n. 1, p. 351–366, 2022.

DE MENDIBURU, F. **Una herramienta de analisis estadístico para la investigación agrícola. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-PERU)**. , 2009.

DIÓGENES, M. F. S. et al. Use of hydrogel in the irrigation management of white pitaya (*Hylocereus undatus*) seedlings: Biometrics and accumulation of organic and inorganic solutes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, n. 2, p. 491–508, 2022.

DONADIO L, C. Pitaya. **REVISTA BRASILEIRA DE FRUTICULTURA**, v. 31, n. 3, p. 637–929, 2009.

ELOBEIDY, A. A. Mass propagation of pitaya (dragon fruit). **Fruits**, v. 58, n. 2, p. 71–81, 2006.

FAGUNDES, M. C. P. et al. In vitro germination of pollen grains in pitahaya species. **International Journal of Fruit Science**, v. 21, n. 1, p. 556–564, 2021.

FERNANDES A; COUTINHO G. Nitrogênio no desenvolvimento inicial de mudas de pitayas vermelhas. **GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 3, p. 32–43, 2019.

FONSECA E CRUZ, C. A. et al. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) 1. **Sociedade de Investigações Florestais**, v. 30, n. 4, p. 537–546, 2005.

FURLANI P. R. et al. Cultivo hidropônico de plantas. **Campinas, IAC**, p. 52P, 1999.

GALVÃO, E. C. et al. Substratos e ácido indol-3-butírico na produção de mudas de pitaiá vermelha de polpa branca¹. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 860–867, 2016.

GOMES, J. M; PAIVA, H. N. Viveiros Florestais: propagação sexuada. UFV, Viçosa. 3. ed. p. 116, 2004.

GOMES, S. H. M. et al. Avaliação dos parâmetros morfológicos da qualidade de mudas de *Paubrasilia echinata* (pau-brasil) em viveiro florestal. **Scientia Plena**, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2019.

GOMES, W. D. A. et al. Produção de porta-enxertos cítricos em hidroponia. **Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança**, v. 19, n. 3, p. 155–166, 2021.

GONÇALVES, M. J. et al. Rápida produção de mudas de pitaiá (*Hylocereus undatus*, *Cactaceae*) por meio da técnica da micropropagação. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 1, p. 75–81, 2020.

GUIMARÃES, R. R. DA C. et al. Growth of pitaya seedlings according to the type of substrate and the frequency of irrigation. **Revista Ceres**, v. 68, n. 4, p. 276–284, 2021.

GUIMARAES SANTOS, C. M. et al. Substrates and plant growth regulator on the rooting of pitaya cuttings. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 41, n. 4, p. 625–629, 2010.

GUTIÉRREZ, R. M. P. et al. Microvascular protective activity in rabbits of triterpenes from *Hylocereus undatus*. **Journal of Natural Medicines 2007 61:3**, v. 61, n. 3, p. 296–301, 2007.

IBRAHIM, S. R. M. et al. Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance - A review. **Journal of Food Biochemistry**, v. 42, n. 2, p. e12491, 2018.

Instituto Nacional de Meteorologia - Informação Climática. INMET, 2007. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/informativos>>. Acesso em: 5 mar. 2023.

JARDINA, L. L. et al. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Revista De Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 78–82, 2017.

- JIANG, H. et al. Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus spp.*) peels: A comprehensive review. **Science & Technology**, v. 116, p. 199–217, 2021.
- JOSHI, M.; PRABHAKAR, B. Phytoconstituents and pharmaco-therapeutic benefits of pitaya: A wonder fruit. **Journal of Food Biochemistry**, v. 44, n. 7, 2020.
- KOROTKOVA, N.; BORSCH, T.; ARIAS, S. A phylogenetic framework for the *Hylocereeae* (Cactaceae) and implications for the circumscription of the genera. **Phytotaxa**, v. 327, n. 1, p. 1–46, 2017.
- LE BELLEC, F.; VAILLANT, F. Pitahaya (pitaya) (*Hylocereus spp.*). **Woodhead Publishing Limited**, v. 4. 2011.
- LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): A new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237–250, 2006.
- LIMA, A. E. DE et al. Seedling production of *Coffea arabica* from different cultivars in a modified hydroponic system and nursery using different containers. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021.
- LIMA, A. E. DE et al. Production of *Coffea canephora* seedlings through cuttings in a nursery and hydroponics using different containers. **Coffee Science-ISSN 1984-3909**, v. 18, 2023.
- LONE, A. B. et al. Temperatura na germinação de sementes de genótipos de pitaya. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2251–2258, 2014.
- LONE, A. B.; TAKAHASHI, L. S. A. Rooting and sprouting of pitaya cuttings at different. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, v. 22, p. 1–13, 2019.
- LUU, T.-T.-H. et al. Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 39 (2021), n. 2, p. 71–94, 2021.
- MELO, E. T. DE et al. Aclimatização de mudas de abacaxizeiro micropropagado em sistema convencional e semi-hidropônico. **Magistra, Cruz das Almas**, v. 31, n. 4, p. 779–788, 2020.
- MERCADO-SILVA, E. M. Pitaya - *Hylocereus undatus* (Haw). **Exotic Fruits Reference**

Guide, p. 339-349, 2018.

MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 124–138, 2014.

MIZRAHI, Y. Thirty-one years of research and development in the cacti pitaya in Israel. **Improving Pitaya Production and Marketing**, p. 1–18, 2015.

MOREIRA, ANTÔNIO; SOUZA, FERNANDA; SILVA, RAIMUNDO; OLIVEIRA, RAIMUNDO; SOUZA, LEANE; CARPES, D. Determinação do turno de rega para a produção de mudas de pitaia em ambiente protegido. **TECNO-LÓGICA**, v. 22, n. 1, p. 73–77, 2018.

NASCIMENTO, D. C. et al. Crescimento e conteúdo de nutrientes minerais em mudas de mirtilheiro em sistema onventional e sistema semi-hidropônico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1155–1161, 2011.

NUNES, E. N. N. et al. Pitaia (*Hylocereus sp.*): Uma revisão para o Brasil. **Revista Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 90–98, 2014.

OLIVEIRA, L. R. DE et al. Produção de mudas de *Acacia mangium Willd.* em diferentes ambientes e recipientes. **Revista de Biotecnologia & Ciência (ISSN 2238-6629)**, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2022.

OMIDIZADEH, A. et al. Anti-diabetic activity of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit. **RSC Advances**, v. 4, n. 108, p. 62978–62986, 2014.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D.; CARRILLO-SALAZAR, J. A. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): A short review. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 4, p. 220–237, 2012.

ORTIZ, T. A.; TAKAHASHI, L. S. A. Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 14422–14439, 2015.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. EDUR, p. 191, 2004.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Piracicaba: FEALQ. p.

451, 2009.

PIMIANTA-BARRIOS, E.; NOBEL, P. S. Pitaya (*Stenocereus spp.*, *Cactaceae*): An ancient and modern fruit crop of Mexico. **Economic Botany**, v. 48, n. 1, p. 79 - 93, 1994.

PIO, L. A. S. ; RODRIGUES, M. A.; SILVA, F. O. R. **O Agronegócio da Pitaia**. ed. 1 ed. Lavras: Abrappitaia, 2020.

PIRES, E.; KRAUZE, C. Análise econômica da produção de Pitaya na agricultura familiar do sul de Santa Catarina. **Metodologias e Aprendizado**, v. 2, n. 2004, p. 181–189, 2020.

QUEIROGA, V. D. P. et al. **Pitahaya (*Hylocereus spp.*) sistema produtivo de cactos trepadeiras**. 1 ed. Campina Grande: AREPB, p. 220, 2021.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria**. <<https://www.R-project.org/>>. , 2023.

RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, Y. et al. Ethnobotanical, nutritional and medicinal properties of Mexican drylands Cactaceae Fruits: Recent findings and research opportunities. **Food Chemistry**, v. 312, n. 126073, 2019.

RESH, H. M. **Hydroponic Food Production**. 7. ed. CRC Press, p. 512, 2012.

ROCHA, K. F. A. P. DE F. **Pitaya Dark Star**. In: **PITAYA E COMPANHIA**. Disponível em: <<https://www.pitayaecia.com/product-page/pitaya-dark-star>>. Acesso em: 19 fev. 2023.

RODRIGUES, A. M.; SOARES JUNIOR, R. G.; SOUZA, G. O. DE. Avaliação do perfil químico e biológico de frutos de *Hylocereus polyrhizus*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e47110918290, 2021.

RUTHS, R. et al. Produção de mudas de pitaya com diferentes segmentos de cladódio e reguladores de crescimento vegetal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e17910313230, 2021.

SANTOS, D.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. **Pitaya: uma alternativa frutífera**. Brasília: Proimpress, 2022.

SILVA, A. A. R. DA et al. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de maracujá. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, p. 34–42, 2018.

SILVA, A. D. C. C. DA. **Pitaya: Melhoramento e produção de mudas**. 132 p. Tese (doutorado em Produção Vegetal) - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, 2014.

SILVESTRE, G.; LIRA, S. M.; HOLANDA, M. O. Caracterização fitoquímica dos extratos bruto e aquoso da polpa e da casca de pitaya vermelha. **Ciências Agrárias**, p. 67–78, 2018.

SONG, H. et al. Purified Betacyanins from *Hylocereus undatus* peel ameliorate obesity and insulin resistance in high-fat-diet-fed mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 236–244, 2015.

SONG, H. et al. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **PLOS ONE**, v. 11, n. 2, p. e0149670, 2016.

SOUZA, A. L. K. DE et al. Does propagation method affect the field performance of peach trees? **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4Sup11, p. 2815–2822, 2017.

SOUZA, G. et al. Massa seca e acúmulo de nutrientes em mudas enxertadas de pereira em sistema hidropônico. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 37, n. 1, p. 240–246, 2015.

SOUZA, L. F. et al. Turnos de irrigação na produção de mudas de genótipos de pitaia cultivadas em ambiente protegido. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 3, p. 11980–11998, 2023.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal Diversidade vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Arned, p. 888, 2017.

TRINDADE, A. et al. Fruta Dragão: validar a capacidade produtiva da pitaia vermelha. Levantamento da situação da cultura no Algarve. **Acta Portuguesa de Horticultura**. v. 32, p. 245 - 252, 2020.

VERONA-RUIZ, A.; URCIA-CERNA, J.; PAUCAR-MENACHO, L. M. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and

bioactive compounds. **Scientia Agropecuaria**, v. 11, n. 3, p. 439–453, 2020.

VILAPLANA, R.; PÁEZ, D.; VALENCIA-CHAMORRO, S. Control of black rot caused by *Alternaria alternata* in yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) through hot water dips. **Lwt**, v. 82, p. 162–169, 2017.

VILLA, F. et al. Performance of substrates in rooting capacity of olive tree cuttings. **Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 2, p. 95–101, 2017.

WENDLING, I.; FERREIRA, L.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **EMBRAPA**, v. 42, n. 2, p. 289–292, 2007.

WYBRANIEC, S.; MIZRAHI, Y. Fruit Flesh Betacyanin Pigments in *Hylocereus Cacti*. **Agricultural and Food Chemistral**, v. 50, n. 21, p. 6086–6089, 2002.

ZEM, L. M. et al. Rooting of semihardwood cuttings of cataia collected in four seasons. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1815–1818, 2015.

APÊNDICE.

APÊNDICE 1 – Resumo dos quadrados médio dos resíduos da análise individuais (RQMR).

Quadrado Médio dos Resíduos da Análise Individual												
	CPA	D	MFPA	MSPA	CSR	VR	MFSR	MSR	IQD	MST	RMS	RC/D
Hidroponia	27,35	0,375	736,1	7,25E-05	26,66	170,78	782,2	2,44E-05	4,42E-04	2,23E-04	3,90E-02	1,18E-02
Convencional	30,238	13,715	300,56	1,21E-05	14,461	39,13	51,19	2,48E-06	6,08E-05	4,95E-05	1,8953	5,60E-03
Relação QM	1,105	3,3487	2,45	6,01	1,8699	4,3195	15,6415	13,247	7,267	4,499	48,68	2,099

Comprimento das brotações (CB), diâmetro do cladódio (D), massa fresca das brotações (MFB), massa seca das brotações (MSBB), comprimento da raiz (CR), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), volume das raízes (VR), Índice de qualidade de Dickson (IQD), Massa seca Total (MST), Relação massa seca (RMS) E Relação comprimento das brotações e diâmetro (RC/D) de mudas de variedades de pituaia.

Fonte: Do autor (2023).

APÊNDICE 2 – Resumo da análise de variância conjunta das variáveis: comprimento das brotações (CB), diâmetro (D), massa fresca (MFB) e seca das brotações (MSB), comprimento (CR) e volume das raízes (VR).

Quadrados Médios das análises em conjunta								
FV	CB (cm)	D (cm)	MFB (g)	MSB (g)	CR (cm)	VR (mL)	MST (g)	RC/D
Local	6115***	13,064***	33980***	0,00181***	171,5**	465,8 ^{NS}	0,0345***	1,7893***
Variedades	1610***	24,41***	13119***	0,0007***	366***	1292,6***	0,00429***	0,2762***
Bloco (Local)	-	-	-	-	-	-	-	-
Local: Variedades	458***	0,692 ^{NS}	4284***	0,000273**	91,4**	103,2 ^{NS}	0,00187***	0,2373***
Resíduo	27	0,7	518	0,0000423	18,1	137	0,00014	0,0087

NS: Não Significativo, ** Significativo ao nível de 5%, *** Significativo ao nível de 1%. Fonte: Do autor (2023).

APÊNDICE 3 – Resumo da análise de variância individual das variáveis: massa fresca (MFR) e seca das raízes (MSR), índice de qualidade dickson (IQD) e relação massa seca das brotações e sistema radicular (RMS).

Quadrados Médios das análises individual								
FV	MFR (g)		MSR (g)		IQD		RMS	
	HIDROP	CONV	HIDROP	CONV	HIDROP	CONV	HIDROP	CONV
Variedades	4203,1***	463,77***	2,94E-4***	0,093436***	0,0035***	2,07E-4***	0,0913 ^{NS}	3,4516 ^{NS}
Bloco	0,3705 ^{NS}	201,5 ^{NS}	4,54E-5 ^{NS}	1.23e-06 ^{NS}	0,0011 ^{NS}	1,91E-5 ^{NS}	0,1019 ^{NS}	2,7302 ^{NS}
Resíduo	782,2	51,19	2,44E-05	2,48E-02	0,00044	6,08E-05	0,3893	1,895
CV (%)	44,38	31,63	27,83	60,16	32,37	63,44	46,88	95,16

NS: Não Significativo, ** Significativo ao nível de 5%, *** Significativo ao nível de 1%. Fonte: Do autor (2023).