



ROMÁRIO DE SOUSA ALMEIDA

**CULTIVO PROTEGIDO DE MUDAS DE MARACUJÁ
AMARELO (*Passiflora edulis* Sims) EM DIFERENTES
SUBSTRATOS COM CAMA DE *COMPOST BARN* E
IRRIGADAS COM CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA**

**LAVRAS - MG
2023**

ROMÁRIO DE SOUSA ALMEIDA

**CULTIVO PROTEGIDO DE MUDAS DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis*
Sims) EM DIFERENTES SUBSTRATOS COM CAMA DE *COMPOST BARN* E
IRRIGADAS COM CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA
TRATADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções, Ambiência e Tratamento de Resíduos, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos
Orientador

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior - UFLA
Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM
Prof. Dr. Allan Alves Fernandes - UNIPAMPA
Coorientadores

**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).

Almeida, Romário de Sousa.

Cultivo protegido de mudas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims) em diferentes substratos com cama de *Compost Barn* e irrigadas com concentrações de água residuária doméstica tratada / Romário de Sousa Almeida. - 2023.

130 p.

Orientador(a): Alessandro Torres Campos.

Coorientador(a): Tadayuki Yanagi Junior, Enilson de Barros Silva, Allan Alves Fernandes.

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

Bibliografia.

1. *Compost Barn*. 2. Reaproveitamento de resíduos. 3. Reúso de água. I. Campos, Alessandro Torres. II. Junior, Tadayuki Yanagi. III. Silva, Enilson de Barros. IV. Fernandes, Allan Alves.

ROMÁRIO DE SOUSA ALMEIDA

CULTIVO PROTEGIDO DE MUDAS DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis Sims*) EM DIFERENTES SUBSTRATOS COM CAMA DE *COMPOST BARN* E IRRIGADAS COM CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA

PROTECTED CULTIVATION OF YELLOW PASSION FRUIT SEEDLINGS (*Passiflora edulis Sims*) ON DIFFERENT SUBSTRATES WITH *COMPOST BARN* BED AND IRRIGATED WITH CONCENTRATIONS OF TREATED WASTEWATER.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADA em 18 de janeiro de 2023.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos UFLA
Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior UFLA
Prof. Dr. Allan Alves Fernandes UNIPAMPA

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos
Orientador

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior - UFLA
Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM
Prof. Dr. Allan Alves Fernandes - UNIPAMPA
Coorientadores

**LAVRAS-MG
2023**

Dedico a Deus, O Autor da minha fé. “Porque dEle
e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória,
pois, a Ele eternamente. Amém.” (Romanos 11:36)
A minha família, a quem tanto amo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela graça e misericórdia dispensadas sobre minha vinha, não somente no período do mestrado, mas em todos os momentos vividos. Ele me deu motivos para sonhar, mesmo quando as circunstâncias se mostravam adversas, clareou-me a visão, mesmo quando em minha frente só haviam densas nuvens escuras, quando estive só, Ele foi meu melhor amigo, e quando tudo parecia impossível, mostrou-me que para Ele nada é impossível e ao Seu tempo, tornaram-se possíveis todas as coisas, e, portanto, foram realizadas. *SOLI DEO GLORIA!*

Aos meus pais, a quem tanto amo, Maria de Lourdes de Sousa Almeida e José Carlos Almeida, pela oferta de amor, amizade, carinho, conselhos, educação, exemplo, incentivo e investimento, além disso, sou grato sobretudo, pelas orações e ensinamentos de fé bíblica ofertados em todas as circunstâncias da minha vida, que guardarei para sempre em meu coração. A realização desse momento dedico a vocês!

Aos meus irmãos, Bruno de Sousa Almeida, Cássio de Sousa Almeida, Flávio de Sousa Almeida, Ildark de Sousa Almeida Cleofas, José Carlos Almeida Júnior e Leandro de Sousa Almeida, pelo imenso apoio e afeto ofertados, que me impulsionaram a sempre prosseguir.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Alessandro Torres Campos, pela amizade, por todos os conselhos, ensinamentos preciosos, orientações, bem como pela confiança depositada sobre mim durante todo o percurso trilhado.

As minhas amigas, consideradas como irmãs, Maria Araújo e Luzia Moura, que estão sempre comigo, nos mais variados momentos, sejam eles de júbilo ou de adversidades, demonstrando amizade, carinho, consolo, conselhos e parcerias nos diversos trabalhos desenvolvidos, de forma mais recente, na pesquisa de mestrado, o que não seria diferente (risos), auxiliando nas instâncias de preparação, condução, levantamento e análises dos dados experimentais. Sou Grato a Deus pelas suas vidas, pelo presente de tê-las partilhando a vivência diária, morando juntos em Lavras - MG, fazendo com que os dias e as noites fiquem mais leves, com que os momentos difíceis sejam vivenciados e vencidos juntos. Grato também por todos os aprendizados, pela comida maravilhosa preparada com carinho, entre outros momentos que não caberiam aqui (risos).

Ao meu amigo especial Caio Siqueira, presente que recebi de Deus no ano de 2022, que esteve comigo diariamente durante todo o percurso da pesquisa, de forma incessante, me auxiliando na preparação e condução do experimento, no levantamento e análises dos dados ambientais e das plantas por longos períodos do dia e da noite, o êxito desse trabalho deve-se em parte a ele. Mas, sobretudo, sou grato pela demonstração de carinho muito especial e de amizade para comigo, me tratando como da família, me fazendo considerá-lo como irmão mais novo, além dos momentos partilhados de alegria, brincadeiras, conversas que se estendiam por horas (risos), conselhos, ensinamentos mútuos, bem como de cafezinhos e comidas (eram muitos), além de momentos de adversidades vencidas. Levo guardado sempre comigo esses e outros momentos vividos juntos, que não poderiam ser descritos aqui e espero que possamos vivenciar muitos outros por vários anos.

A minha amiga Marina Fraga, pessoa tão especial, pela forma carinhosa com que sempre me ajudou (aperriei bastante), estando presente durante os momentos de preparação e condução da pesquisa, nos momentos de coleta, organização e análises dos dados ambientais e das plantas, além de ajudar com ideias práticas que muito me foram úteis durante todo o percurso. Mas, de forma mais especial, agradeço pelos momentos vividos desde que nos conhecemos por intermédio de Caio, demonstrando sua amizade, afeto e companheirismo, refletidos nos momentos de alegrias, diversão com comidas e jogos, risadas, conversas, conselhos e de caronas que ela me fornecia (eram muitas). Guardarei com carinho cada um desses e muitos outros momentos!

Aos amigos, com carinho especial, Miguel Caixeta e Rambler Alves, que me auxiliaram de forma intensa, desde a preparação e condução do experimento, levantamento, organização e análises dos dados da pesquisa, perfazendo altas horas do dia. Como também, estiveram comigo nos mais variados momentos, compartilhando de alegrias, brincadeiras, ensinamentos e muitas risadas.

Aos amigos, especialmente: Rubens Barbosa, Paulo de Lima, Socorro Alcântara, Bruna Campos, Felipe Silva, e professores Alessandro Veloso, Enilson Silva, Tadayuki Yanagi Junior, Leonardo Schiassi, Allan Fernandes e Felipe Schwerz, pelas contribuições em diversos momentos, orientações e ensinamentos preciosos, além de demonstrações de carinho e amizade que foram essenciais na minha caminhada!

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do curso com ensino de excelência e pela contribuição à minha formação humana e profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFLA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa, viabilizando o desenvolvimento da pesquisa.

Enfim, a todos aqueles que fizeram parte da minha jornada, que deixaram seu legado durante o curso de mestrado na UFLA e que contribuíram de forma direta ou indiretamente.

Portanto, a todos, desejo meus singelos votos de agradecimento!

RESUMO GERAL

O cultivo protegido resulta em alta produtividade e qualidade às culturas, sendo necessário o controle das variáveis micrometeorológicas. O maracujá amarelo é uma das espécies frutíferas mais cultivadas no Brasil. A composição dos substratos é essencial para garantir produtividade, sendo os materiais orgânicos alternativas sustentáveis. Em relação à irrigação, o reúso de água surge como opção, devido à presença de macro e micronutrientes nas águas. Assim, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o cultivo protegido de mudas de maracujá amarelo irrigadas com concentrações de água residuária doméstica tratada em diferentes formulações de substratos com cama de *Compost Barn*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação tipo arco duplo, com área total de 145,3 m², orientada no sentido Leste-Oeste e coberto por filme de polietileno de 150 µm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco concentrações de água residuária doméstica tratada: C_{AR,0} (0% água residuária = AR); C_{AR,25} (25% AR + 75% AA = Água de abastecimento); C_{AR,50} (50% AR + 50% AA); C_{AR,75} (75% AR + 25% AA) e C_{AR,100} (100% AR) e cinco substratos: S_{70TS+30EB} (70% terra de subsolo = TS + 30% esterco bovino = EB); S_C (substrato comercial); S_{100TS} (100% TS); S_{70TS+30CCB} (70% TS + 30% de Cama do *Compost Barn* = CCB) e S_{50TS+50CCB} (50% TS + 50% CCB). As avaliações das mudas foram realizadas aos 60 dias após a semeadura. Os dados micrometeorológicos foram obtidos por meio de sensores de leitura automática e direta na casa de vegetação. Para o ambiente externo, os dados foram obtidos de estação automática e sensor de leitura direta. Houve efeito da interação (Concentrações x Substratos) para maioria das variáveis agrônômicas, proporcionando incremento no desenvolvimento das plantas. A temperatura, umidade relativa e radiação solar apresentaram forte correlação linear entre os ambientes avaliados. Portanto, foi possível concluir que a produção das mudas de maracujá amarelo é influenciada pela irrigação com diferentes concentrações de água residuária doméstica tratada e substratos, resultando em maior crescimento morfológico das plantas. Os modelos de regressão linear possibilitam a estimativa de variáveis micrometeorológicas para as condições avaliadas.

Palavras-chave: *Compost Barn*. Reaproveitamento de resíduos. Reúso de água. Sustentabilidade.

GENERAL ABSTRACT

The protected cultivation results in high productivity and quality to the cultures, being necessary the control of the micrometeorological variables. The yellow passion fruit is one of the most cultivated fruit species in Brazil. The composition of the substrates is essential to ensure productivity, and the organic materials are sustainable alternatives. Regarding irrigation, water reuse is an option due to the presence of macro and micronutrients in the water. Thus, the objective of the present work was to evaluate the protected cultivation of yellow passion-fruit seedlings irrigated with concentrations of treated domestic wastewater in different formulations of substrates with Compost Barn bedding. The experiment was conducted in a double-arched greenhouse with a total area of 145.3 m², oriented east-west and covered with 150 µm polyethylene film. The experimental design was entirely randomized, with five concentrations of treated domestic wastewater: C_{AR,0} (0% wastewater = AR); C_{AR,25} (25% AR + 75% AA = Supply water); C_{AR,50} (50% AR + 50% AA); C_{AR,75} (75% AR + 25% AA) and C_{AR,100} (100% AR) and five substrates: S_{70TS+30EB} (70% subsoil = TS + 30% bovine manure = EB); S_C (commercial substrate); S_{100TS} (100% TS); S_{70TS+30CCB} (70% TS + 30% Compost Barn Bed = CCB) and S_{50TS+50CCB} (50% TS + 50% CCB). Seedling evaluations were performed at 60 days after sowing. The micrometeorological data were obtained by means of automatic and direct reading sensors in the greenhouse. For the external environment, the data were obtained from an automatic station and a direct reading sensor. There was an interaction effect (Concentrations x Substrates) for most of the agronomic variables, providing an increase in plant development. The temperature, relative humidity and solar radiation showed a strong linear correlation between the evaluated environments. Therefore, it was possible to conclude that the production of yellow passion-fruit seedlings is influenced by irrigation with different concentrations of treated domestic wastewater and substrates, resulting in greater morphological growth of the plants. The linear regression models enable the estimation of micrometeorological variables for the conditions evaluated.

Keywords: Compost Barn. Reuse of waste. Reuse of water. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Figura 1 - Casa de vegetação (A) e unidades experimentais dispostas sobre a bancada (B).....	50
Figura 2 - Tambores preenchidos com as concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) + água de abastecimento para irrigação das mudas de maracujá amarelo.....	54
Figura 3 - Avaliações das principais características agrônômicas das mudas de maracujá amarelo em casa de vegetação e no Laboratório de Construções, Ambiente e Sustentabilidade (UFLA).....	60
Figura 4 - Emergência acumulada (%) das plântulas de maracujá amarelo durante 60 dias submetidas a irrigação com diferentes concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) em diferentes formulações de substratos.....	65
Figura 5 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a altura da parte aérea (cm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com S_C (A) aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	67
Figura 6 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o diâmetro do coleto (mm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	69
Figura 7 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o número de folhas das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C (A) e S_{100TS} (B) aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	73
Figura 8 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C (A) aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	77
Figura 9 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	79
Figura 10 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	82

Figura 11 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _C aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	85
Figura 12 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _C aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	87
Figura 13 - Efeito isolado das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o índice de clorofila das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	90
Figura 14 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a área foliar (cm ²) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} (A) e S _C (B) aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	92
Figura 15 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a eficiência do uso da água (g L ⁻¹) nas mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _C aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	95
Figura 16 - Percentual de Variância Total explicada por cada um dos 10 primeiros Componentes Principais.....	97
Figura 17 - Contribuição das variáveis agronômicas avaliadas para o percentual de Variância Total explicada por cada um dos 5 primeiros Componentes Principais.....	98
Figura 18 - <i>Biplot</i> dos dois primeiros componentes principais obtidos para o fator Substrato com base nos parâmetros agronômicos avaliados na produção de mudas de maracujá amarelo.....	99
Figura 19 - <i>Biplot</i> dos dois primeiros componentes principais obtidos para o fator Concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) com base nos parâmetros agronômicos avaliados na produção de mudas de maracujá amarelo.....	100
Figura 20 - <i>Biplot</i> dos dois primeiros componentes principais obtidos para a interação entre os fatores (Concentrações x Substratos) com base nos parâmetros agronômicos avaliados na produção de mudas de maracujá amarelo.....	101

ARTIGO 2

Figura 1 - Determinação das concentrações de CO ₂ (ppm) (A, B e C) e Radiação Solar (W m ⁻²) (D, E e F) nos Pontos 1, 2, 3 (sobre a bancada) e 4 (centro geométrico) no interior da casa de vegetação e exterior da instalação.....	117
Figura 2 - Representação esquemática das 125 células que compuseram a malha amostral.....	119
Figura 3 - Determinação da temperatura superficial (°C) dos substratos em 125 recipientes.....	119
Figura 4 - Variação e Correlação entre as variáveis micrometeorológicas na casa de vegetação e ambiente externo no município de Lavras – Minas Gerais.....	122
Figura 5 - <i>Boxplot</i> da temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno.....	125

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Tabela 1 - Características físicas do solo utilizado na composição dos substratos utilizados no experimento, realizada pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência Do Solo (DCS) da UFLA.....	52
Tabela 2 - Caracterização físico-químicas iniciais dos substratos utilizados no experimento, realizada pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência Do Solo (DCS) da UFLA.....	53
Tabela 3 - Caracterização físico-químicas das concentrações de água residuária domestica tratada da ETE.....	55
Tabela 4 - Volume de água aplicado em função da evapotranspiração em cada saco de polietileno com diferentes substratos.....	57
Tabela 5 - Médias de Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das plântulas de <i>P. edulis</i> em função do tipo de substrato aos 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS).....	63
Tabela 6 - Resumo das análises de variâncias para as variáveis altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), comprimento radicular (CR) e número de folhas (NF) das mudas de maracujá amarelo em função da irrigação com concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) em diferentes formulações de substrato aos 60 dias após a semeadura (DAS)....	66
Tabela 7 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a altura da parte aérea (cm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	67
Tabela 8 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a altura da parte aérea (cm) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	68
Tabela 9 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o diâmetro do coleto (mm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	70

Tabela 10 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para o diâmetro do coleto (mm) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	70
Tabela 11 - Efeito isolado dos substratos sobre o comprimento radicular (cm) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	72
Tabela 12 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o número de folhas das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	74
Tabela 13 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para o número de folhas das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	74
Tabela 14 - Resumo das análises de variâncias para as variáveis massa fresca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo em função da irrigação com concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) em diferentes formulações de substratos 60 dias após a semeadura (DAS).....	76
Tabela 15 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	77
Tabela 16 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa fresca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	78
Tabela 17 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	80
Tabela 18 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa fresca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	80

Tabela 19 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	82
Tabela 20 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa seca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	83
Tabela 21 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	85
Tabela 22 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa seca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	86
Tabela 23 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	87
Tabela 24 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	88
Tabela 25 - Resumo das análises de variâncias para as variáveis índice de clorofila (IC), área foliar (AF), razão área foliar (RAF) e eficiência do uso da água (EUA) das mudas de maracujá amarelo em função da irrigação com concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) em diferentes formulações de substratos 60 dias após a semeadura (DAS).....	89
Tabela 26 - Efeito isolado dos substratos sobre o índice de clorofila das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	90
Tabela 27 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a área foliar (cm ²) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	92
Tabela 28 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a área foliar (cm ²) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	93

Tabela 29 - Efeito isolado dos substratos sobre a razão área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	94
Tabela 30 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a eficiência do uso da água (g L^{-1}) nas mudas de maracujá amarelo produzidas com o S _{70TS+30EB} , S _{100TS} , S _{70TS+30CCB} e S _{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	95
Tabela 31 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a eficiência do uso da água (g L^{-1}) nas mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	96

ARTIGO 2

Tabela 1 - Valores médios das variáveis micrometeorológicas obtidos em condições de casa de vegetação e ambiente externo no município de Lavras – Minas Gerais.....	123
Tabela 2 - Estatística descritiva da temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno.....	126

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	18
1	INTRODUÇÃO GERAL	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Cultivo protegido de mudas	22
2.2	Cultivo do maracujá amarelo (<i>Passiflora edulis</i> Sims)	23
2.3	Uso de substratos alternativos para o cultivo de mudas	26
2.4	Cama do <i>Compost Barn</i>	27
2.5	O problema da geração de águas residuárias	28
2.6	Possíveis formas de manejo das águas residuárias	30
2.7	Efeito da aplicação de águas residuárias	31
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	33
	REFERÊNCIAS	35
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	44
	ARTIGO 1: PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ AMARELO (<i>Passiflora edulis</i> Sims) EM DIFERENTES SUBSTRATOS COM CAMA DE <i>COMPOST BARN</i> E IRRIGADAS COM CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA	44
1	INTRODUÇÃO	46
2	METODOLOGIA	50
2.1	Área de estudo	50
2.2	Delineamento experimental	51
2.3	Condução do experimento	51
2.4	Características avaliadas	58
2.5	Análises estatísticas	61
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4	CONCLUSÃO	102
	AGRADECIMENTOS	103
	REFERÊNCIAS	103
	ARTIGO 2: ANÁLISE DA VARIAÇÃO E CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS EM CASA DE VEGETAÇÃO E AMBIENTE	

	EXTERNO COM AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DE TEMPERATURA NOS SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS.....	112
1	INTRODUÇÃO.....	114
2	METODOLOGIA.....	116
2.1	Área de estudo	116
2.2	Coleta e análise dos dados	117
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	120
4	CONCLUSÃO	126
	AGRADECIMENTOS.....	127
	REFERÊNCIAS.....	127

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A ambiência vegetal é o conjunto de elementos que compõe as condições micrometeorológicas da área/espço de produção, visando obter as melhores condições para o desenvolvimento das plantas e maior produtividade. Ressalta-se, com isso, a importância do conhecimento da produção de mudas em ambientes protegidos, como estufas agrícolas, viveiros telados, casas de vegetação climatizadas, entre outras técnicas que permitam a melhor utilização dos elementos micrometeorológicos (SANTOS *et al.*, 2017).

O monitoramento e a caracterização do comportamento das variáveis micrometeorológicas em ambiente protegido sofre influência do material de cobertura, tipo de ambiente, época do ano e local de produção, além disso, visam verificar as oscilações dessas variáveis e as possíveis ações, automatizadas ou não, com acionamento mecânico ou manual, para melhor manejo do ambiente da planta, evitando ou reduzindo estresses na cultura instalada, proporcionando maior produtividade da cultura (COSTA *et al.*, 2020).

Os fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais são principalmente a intensidade luminosa, concentração de CO₂, teor de nitrogênio da folha, temperatura e umidade do solo, deste modo, a capacidade fotossintética de cada espécie vegetal se torna uma característica própria (COSTA; MARENCO, 2007).

O maracujazeiro (*Passiflora* spp.) é uma espécie oriunda da América Tropical, sendo uma das espécies frutíferas mais cultivadas no Brasil. A passicultura apresenta grande potencial produtivo e de comercialização (BEZERRA *et al.*, 2016). O Brasil é o maior produtor e consumidor de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims) do mundo (IBGE, 2021), se destacando no agronegócio da produção de frutas e contribuindo para o desenvolvimento do setor agropecuário (FALEIRO *et al.*, 2019).

Seu cultivo possui grande importância social e econômica, por atuar na geração de empregos no campo, no setor de venda de insumos, nas agroindústrias e nas cidades, além de ser importante opção de geração de renda para micro, pequenos, médios e grandes fruticultores (COELHO *et al.*, 2016). As principais fontes de comercialização do maracujá são os mercados de frutas *in natura* e as agroindústrias de processamento, sendo possível a comercialização das sementes, as quais podem ser transformadas em óleos (indústria alimentícia e cosméticos), utilizadas as cascas na alimentação animal, para adubação e produção de farinha.

As flores da cultura do maracujazeiro amarelo são empregadas na indústria de cosméticos e suas folhas para fabricação de condimentos, cosméticos e uso medicinal (FALEIRO *et al.*, 2016).

Visando à formação adequada das mudas, a composição dos substratos é essencial para assegurar a produtividade. No entanto, os substratos comerciais possuem boa aceitação pelo mercado e são classificados de boa qualidade, porém elevam os custos de produção. Consoante a isso, a possibilidade de utilização de materiais orgânicos oriundos de animais criados sob confinamento, tais como os bovinos, suínos, aves e coelhos, tendem a reduzir estes custos, favorecendo economicamente os produtores (PEREIRA *et al.*, 2017).

Diante das possibilidades, têm-se a cama oriunda do sistema *Compost Barn* (CB), que se constitui de galpão coberto, onde as vacas leiteiras são confinadas e podem descansar, priorizando seu conforto, com um local seco independente da época do ano ou do clima. O resultado desse sistema é o composto, que é formado pela serragem, maravalha, ou outras fontes de carbono utilizadas como cama, junto ao esterco e urina das vacas (BRIGATTI, 2014). Com o aumento da temperatura da cama e a redução da umidade da mesma, o processo de compostagem promove um microrganismo ativo, formando um composto amadurecido que pode ser utilizado como fertilizante orgânico (MOTA; ANDRADE; LEITE, 2019; MOTA *et al.*, 2019).

A utilização e reutilização destes resíduos orgânicos representam uma forma equilibrada para fornecer propriedades nutricionais e minerais às plantas (MOTA *et al.*, 2020). Assim, o

uso da cama do CB pode ser uma alternativa para reduzir custos de produção de mudas de maracujá por parte dos produtores, além de promover a sustentabilidade dos sistemas produtivos com a destinação para fins mais nobres do material que seria descartado no meio ambiente, causando sua poluição.

Não obstante, o manejo correto da irrigação e o conseqüente uso eficiente da água resultam em benefícios à produtividade da cultura do maracujá. Todavia, o crescimento desordenado da população mundial exigiu a modernização das técnicas agrícolas, resultando em um aumento significativo no consumo de água e um crescente desequilíbrio ecológico (BEZERRA *et al.*, 2019).

A agricultura irrigada no Brasil é responsável por cerca de 50% da captação de água bruta em mananciais superficiais e subterrâneos, totalizando 8,2 milhões de hectares equipados para irrigação, sendo 35,5% (2,9 Mha) com fertirrigação com água de reúso e 64,5% (5,3 Mha) com irrigação com água de mananciais. As projeções indicam a incorporação de 4,2 Mha irrigados até 2040 (total de 12,4 Mha), esse incremento corresponde a um aumento de 51% sobre a área atual (irrigada + fertirrigada) ou de 79% considerando as áreas irrigadas, exceto a fertirrigação (ANA, 2021).

Atualmente, a agricultura é responsável por 69% das retiradas de água em âmbito mundial, que é usada principalmente para irrigação, mas também inclui a água para rebanhos bovinos e aquicultura, enquanto a indústria, incluindo o uso e a geração de energia é responsável por 19% do uso, enquanto que os municípios são responsáveis pelos 12% restantes (UNESCO, 2021).

Visando mitigar as problemáticas oriundas do desperdício de água e suprir a deficiência hídrica, o reúso de água surge como uma alternativa viável para a agricultura irrigada (MEDEIROS *et al.*, 2020). Este tipo de reúso proporciona diversos benefícios, tais quais: substituição parcial de fertilizantes devido à presença de macro e micronutrientes presentes na água; redução da quantidade de efluente lançado diretamente em corpos hídricos e economia

de água de boa qualidade, viabilizando o seu uso para fins mais nobres (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o cultivo protegido de mudas de maracujá amarelo irrigadas com concentrações de água residuária doméstica tratada em diferentes formulações de substratos com cama de *Compost Barn*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico, serão abordadas as temáticas referentes ao cultivo protegido de mudas, com enfoque principal sobre a cultura do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims). Serão apresentados os aspectos relacionados ao uso de substratos alternativos para o cultivo de mudas, elencando a cama do *Compost Barn* como alternativa viável para composição dos substratos. Será tratado também, o problema da geração de águas residuárias e as possíveis formas de manejo dessas águas, destacando o efeito da aplicação de águas residuárias na agricultura sustentável.

2.1 Cultivo protegido de mudas

Atualmente, o cultivo em ambientes protegidos é disseminado em todo território do Brasil, exigindo do setor de produção agrícola o enfrentamento dos múltiplos desafios para atender a uma população global crescente, além da necessidade de melhorar a qualidade dos alimentos e mitigar o impacto do cultivo na saúde humana e no meio ambiente (DUHAMEL; VANDENKOORNHUYSE, 2013).

O cultivo protegido é uma das tecnologias que têm contribuído para a modernização da agricultura, uma vez que variáveis micrometeorológicas, como temperatura do ar, umidade relativa do ar, vento e radiação solar são modificadas por filmes plásticos, malhas de sombreamento e sistemas de climatização (SILVA *et al.*, 2017). Esses sistemas exercem um efeito positivo na produção, desenvolvimento e crescimento das plantas, além de reduzir o efeito da sazonalidade produtiva durante o ano (ROMANINI *et al.*, 2010).

Visando à produção sustentável nos ambientes protegidos, faz-se necessária a integração de informações e estratégias de gestão, bem como uma excelente compreensão dos parâmetros microclimáticos influentes (SHAMSHIRI *et al.*, 2018). A exemplo de regiões caracterizadas pelo registro de altas temperaturas com excesso de radiação e períodos prolongados de chuvas,

o cultivo em ambiente protegido possibilita que os agricultores forneçam ao mercado seu produto durante todo o ano.

Isso é possível com a proteção, utilizando filmes e telas que diminuem a radiação direta dos raios do sol sobre as plantas, além dos danos aos tecidos das plantas em estágio inicial de desenvolvimento, possibilitando, assim, condições adequadas para a formação das mudas, fase essencial para o sucesso no canteiro de produção (COSTA *et al.*, 2015). Essa proteção das plantas proporcionada pelo ambiente é necessária, principalmente, pois nesta fase inicial as mudas são sensíveis a ventos fortes, alta radiação, ataque de pragas e doenças, por isso, as estruturas de proteção com telas ou filmes de polietileno visam minimizar os efeitos negativos que prejudicam o crescimento adequado das plantas (ARRUA *et al.*, 2016).

O desenvolvimento vegetal está diretamente relacionado com seu processo de adaptação ao meio, ou seja, a planta precisa ajustar seu aparelho fotossintético, garantindo maior uso dos recursos do ambiente, convertendo a energia radiante em energia química (CONFORTO *et al.*, 2011). A luz, fração visível da energia solar, que contém a irradiância fotossinteticamente ativa (IFA) compreendida na faixa de 390 a 700 nm, tem importância fundamental em vários processos que ocorrem na planta, especialmente a fotossíntese (REBOUÇAS *et al.*, 2015). Ainda, segundo os autores, existe uma relação entre a temperatura do ar e a incidência de radiação solar dentro de uma casa de vegetação.

Em se tratando da produção de espécies frutíferas, a exemplo do maracujá amarelo, entre os diversos fatores que podem influenciar na qualidade final das plantas produzidas, podem ser evidenciadas as múltiplas variáveis agroclimáticas, como altitude, latitude, temperatura, umidade relativa, radiação, chuvas, velocidade do vento e luz solar, entre outras, que são condições que afetam diretamente o desempenho da cultura (CASTAÑEDA *et al.*, 2021).

2.2 Cultivo do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims)

A fruticultura destaca-se pela sua alta relevância em termos social e econômico no Brasil, contribuindo para geração de empregos, renda e sustentabilidade das propriedades

agrícolas (ZACHARIAS *et al.*, 2020). Nesse cenário, destaca-se a *Passiflora edulis* Sims, comumente conhecido como maracujá amarelo, que vem ocupando um lugar de destaque na fruticultura (RAMOS *et al.*, 2019). O Brasil é o principal produtor mundial da cultura, principalmente na região Nordeste, sendo o Estado da Bahia o maior produtor (RINALDI *et al.*, 2017).

O gênero *Passiflora*, que pertence à família botânica Passifloraceae na ordem malpighiales, inclui mais de 520 espécies em todo o mundo, com distribuição nas Américas, incluindo Colômbia, Brasil, Equador e Peru, com algumas em outras áreas tropicais e subtropicais, como sudeste da Ásia, Austrália e Nova Zelândia. As plantas do gênero possuem destaque na flora brasileira devido ao seu uso extensivo em fitoterapia. Cerca de 150 espécies são nativas do Brasil, produzindo frutos que podem ser aproveitados direta ou indiretamente como alimentos (SILVA *et al.*, 2019).

Os frutos de *P. edulis* possuem 6 a 12 cm de comprimento, 4 a 7 cm de diâmetro, sua casca é amarela brilhante, dura e grossa, suas sementes são marrons, a polpa é ácida e tem um forte sabor aromático (HE *et al.*, 2020). Eles possuem valor farmacológico e comestível, ademais é uma fruta tropical nutricional típica de alta qualidade considerada uma espécie exótica com sabor e aroma atraentes que podem emitir mais de 10 tipos de fragrâncias de frutas, como abacaxi, morango, limão e lichia (GUO *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2021).

Os frutos de *P. edulis* são caracterizados pelas inúmeras substâncias ativas em sua casca, como flavonoides, alcaloides, pectina e polissacarídeos. Além disso, são utilizados para extração do suco, produção de doces e outras atividades industriais (XIONG *et al.*, 2019), bem como geleias, vinhos e aromatizantes como fonte enriquecida de vitaminas, antioxidantes, fenólicos, flavonoides, aminoácidos essenciais e minerais exigidos pelo corpo humano (MONTEIRO *et al.*, 2020).

Diante de um mercado internacional cada vez mais competitivo, o planejamento no cultivo de *P. edulis* (maracujazeiro) torna-se cada vez mais necessário, de forma a subsidiar a atividade com informações e pesquisas que resultem em recomendações técnicas inovadoras e

adequadas para o manejo da cultura, proporcionando redução dos custos e melhorias em termos de produtividade e qualidade final do produto.

Para implantação de um pomar de maracujazeiro a produção de mudas é uma das etapas mais importantes, pois a qualidade das plantas que irão para o campo é resultado do emprego de técnicas adequadas em sua formação (RANGEL JUNIOR *et al.*, 2018). Dessa forma, a produção de mudas de alta qualidade torna-se uma estratégia necessária quando se objetiva ter sucesso na produtividade (QUARESMA *et al.*, 2020). Uma muda de qualidade permite um alto pegamento e bom desenvolvimento inicial no campo, como também uma alta produtividade de frutos (CAVALCANTE *et al.*, 2015).

Existem diversos materiais que podem ser adotados para a composição dos substratos, dentre os quais, são evidenciados a terra de subsolo, vermiculita, areia, composto orgânico, esterco bovino curtido e casca de arroz carbonizada (FARIA *et al.*, 2018). Eles exercem papel de suporte estrutural à parte aérea das mudas, bem como servem como meio para a proliferação das raízes, principalmente pelo fornecimento de água, oxigênio e nutrientes (HIGASHIKAWA *et al.*, 2016).

A escolha do substrato é fundamental, pois o material a ser usado para a produção de mudas impacta o preço final e a qualidade, por isso, recomenda-se utilizar substratos renováveis, de baixo custo, alta eficiência e fácil acesso (FARIA *et al.*, 2013). Nessa perspectiva, Vallone *et al.* (2010) indicam que a mistura de resíduos orgânicos ao substrato promove a melhoria das características físicas, químicas e biológicas, criando um ambiente adequado para as raízes e para a planta como um todo, ajudando no seu desenvolvimento, reduzindo o uso de solo e evitando os riscos de contaminação por pragas e doenças.

Diante disso, os substratos devem apresentar boas características, tais como: porosidade adequada, alta capacidade de troca catiônica, boa retenção de água, ser economicamente viável e produzido de maneira sustentável (ALMEIDA *et al.*, 2011).

2.3 Uso de substratos alternativos para o cultivo de mudas

A procura de novos insumos agrícolas é de grande importância para a agricultura e sustentabilidade ambiental (EVANGELISTA *et al.*, 2013). A sustentabilidade dos sistemas agrícolas é desejável, bem como sua alta produtividade e rentabilidade (SANTOS *et al.*, 2013). O destino final dos resíduos orgânicos oriundos das atividades agrícolas e industriais é uma preocupação crescente da sociedade, uma vez que podem causar vários danos ao ambiente, tais como o solo e as reservas de água (BARROS *et al.*, 2019).

Diante disso, Costa *et al.* (2013) ressaltam que o uso de fontes alternativas de resíduos industriais ou agroindustriais pode ser uma solução para tornar ambas as atividades mais sustentáveis e ecologicamente corretas, pois visa a eliminação de um problema ambiental da indústria, pelo fato de serem aproveitados e dispostos de forma harmônica no meio ambiente, e, ao mesmo tempo, promove a redução nos custos de produção da agropecuária, beneficiando toda a cadeia, do produtor ao consumidor.

Podem ser considerados fertilizantes orgânicos resíduos de origem vegetal, animal e misto, que quando aplicados no solo têm potencial para melhorar as suas propriedades químicas, físicas e biológicas, além de ser fonte de nutrientes (MALAVOLTA; MORAES, 2009). A utilização de resíduos orgânico na composição do substrato representa um amplo alcance, tornando o substrato parte de um sistema agrícola com eficiente viés agroecológico, sendo instrumento não só de uma mudança na política agrícola necessária para influenciar comportamentos e práticas convencionais, mas também uma potente liderança capaz de incentivar novas ações sustentáveis (KAHANE *et al.*, 2013).

Nessa perspectiva, Finatto *et al.* (2013) retratam que os adubos orgânicos podem ser de origem vegetal, formados de restos vegetais decompostos ou em processo de decomposição e de origem animal, compostos por fezes de animais, sendo o esterco o mais conhecido. Eles são soluções mais sustentáveis para o enriquecimento do solo, evitando problemas como degradação e lixiviação, pois reduzem ou em certos casos até substituem a adubação inorgânica (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

Dentre as possibilidades de material orgânico, têm-se a cama oriunda do *Compost Barn*, um sistema de confinamento para bovino leiteiro, que contribui na produção leiteira pelo conforto e bem-estar animal proporcionado, além de diminuir o gado a pasto, preservando o solo. Ademais, devido a esse processo, têm-se a possibilidade de utilização da cama do confinamento bovino ser destinada às lavouras como fertilizante, sendo um adubo orgânico rico em nutrientes necessários para um bom desenvolvimento das plantas (TOMAZI; GAI, 2022).

Elementos químicos como Carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os nutrientes primários requeridos pelos microrganismos incluídos na compostagem. NPK também são os nutrientes essenciais para desenvolvimento das plantas, dessa forma, suas concentrações influenciam o valor do composto retirado do sistema de *Compost Barn* (DAMASCENO, 2012), sendo assim, o material apresenta grande potencial de substituição de fertilizantes sintéticos, podendo contribuir para sustentabilidade na agricultura.

2.4 Cama de *Compost Barn*

O *Compost Barn* é um sistema de confinamento para bovino leiteiro, recente no Brasil e que vem apresentando resultados positivos. O sistema consiste em um galpão retangular que possui uma grande área comum, denominada de área de descanso, forrada por maravalha, serragem, ou outro material de cama, separada do corredor de alimentação, geralmente construído em piso de concreto (MEINL; VIEIRA, 2022). Nesse sistema, os animais ficam em uma grande área coberta com matéria orgânica, onde ficam livres para se movimentar e expressar seu comportamento de forma mais natural (SILVA *et al.*, 2022).

Os sistemas *Compost Barn* se destacam pela intensificação do processo de compostagem da cama, que ocorre por meio da ação microbiana (LESO *et al.*, 2020), o processo aeróbio é constantemente induzido pela homogeneização dos dejetos animais agregados a aeração da cama orgânica (MOTA *et al.*, 2017).

O sucesso do sistema depende sobretudo do manejo desse material, que fundamenta em seu revolvimento pelo menos duas vezes ao dia, quando a compostagem é realizada de forma

correta, se obtêm aumento da temperatura da cama, redução da umidade e melhoria no processo de compostagem (BRIGATTI, 2014). O teor de umidade da cama é considerado como um dos principais parâmetros que afetam o processo de biodegradação (KIM *et al.*, 2016) e a temperatura do composto é frequentemente usada para indicar o sucesso da compostagem (WOLF, 2017).

O sistema CB, além de agregar à produção leiteira pelo conforto e bem-estar animal proporcionados, diminuindo o gado a pasto e preservando o solo, o processo tem a possibilidade de utilização da cama do confinamento bovino nas lavouras, como fertilizante, sendo um adubo orgânico rico em nutrientes necessários para um bom desenvolvimento das plantas (TOMAZI; GAI, 2022). Assim, o aproveitamento da cama em lavouras com o uso da compostagem como corretivo orgânico para o solo é um grande diferencial (GUESINE, 2020).

Entretanto, um fator limitante é a maior produção de dejetos que podem causar contaminação ambiental, esses devem ser tratados e destinados adequadamente para o reaproveitamento como adubo (LEDO *et al.*, 2021). Diante disso, com o crescimento contínuo desses resíduos em propriedades rurais, seu uso de forma racional e sustentável diminui seu potencial poluidor, dando um destino ambientalmente adequado e se torna economicamente viável (MOTA; ANDRADE; LEITE, 2019).

Diante desse cenário e aliado à falta de pesquisas sobre as condições das camas dos sistemas CB para posterior uso na agricultura como adubo orgânico, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao manejo e aplicação corretos do composto na produção vegetal com a realização da caracterização química do material.

2.5 O problema da geração de águas residuárias

O cenário atual tem adotado um modelo de desenvolvimento urbano/industrial no qual os recursos naturais são considerados inesgotáveis, contribuindo para sua utilização de forma indiscriminada, o que têm resultado de forma direta na quantidade de resíduos gerados (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

No transcurso urbano/industrial, a água para consumo residencial, advinda de captação pluvial ou utilizada em processos industriais, passa por diversas transformações e ao final é caracterizada como despejo líquido, também chamado de efluente ou água residuária, sendo então encaminhada para tratamento e/ou descarte (VON SPERLING, 2007).

As águas residuárias podem subdividir-se, ainda, em dois tipos, as águas negras e as águas cinzas. As águas cinzas são os efluentes líquidos, oriundos de todos os aparelhos sanitários de uma edificação, exceto a bacia sanitária, enquanto as águas negras representam os despejos provenientes das bacias sanitárias, sendo que estes necessitam de um tratamento mais minucioso, pois contêm uma elevada carga orgânica (DAVIS; MASTEN, 2016).

Há uma perspectiva de aumento significativo na construção de Estações de Tratamento de Esgoto nas cidades e, em decorrência mais esgotos serão coletados e tratados, havendo um aumento considerável na geração de águas residuárias e conseqüentemente na produção de lodo de esgoto urbano, o que torna o desenvolvimento de alternativas para a reutilização desses resíduos fundamentais (VON SPERLING; ANDREOLI, 2014).

Nesse contexto, o aumento da demanda hídrica tem gerado preocupações para a sociedade, principalmente para o uso racional da irrigação na agricultura, tendo em vista que é o setor que mais consome esse insumo (LIMA JUNIOR *et al.*, 2016). Com a carência da água de boa qualidade no planeta, a redução e conscientização no consumo é de suma importância, pois deve-se atender as demandas pela mesma de forma sustentável (DORIGON; TESSARO, 2010).

Diante do exposto e aliado ao aumento das áreas de cultivo e da escassez hídrica, evidencia-se a necessidade do aperfeiçoamento do manejo de irrigação, bem como o uso de fontes hídricas alternativas, como o esgoto doméstico tratado à fim de promover a sustentabilidade na produção agrícola (FREITAS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2014).

2.6 Possíveis formas de manejo das águas residuárias

A utilização de águas residuárias tratadas contribui para uma gestão mais sustentável, pois ajuda a aumentar os recursos hídricos necessários, satisfazendo as necessidades presentes e futuras de usos mais nobres, além de reduzir a vazão de águas residuais tratadas descarregadas nos corpos de água receptores, protegendo os ecossistemas e diminuindo a quantidade de poluentes lançados no solo e no ambiente aquático (MENDONÇA; MENDONÇA, 2017).

No que concerne à legislação brasileira, a primeira norma voltada para o reúso foi a NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997), que aborda os tanques sépticos. Este regulamento evidencia em um item os limites de concentração dos poluentes para a realização do reúso, além de definir quatro classes de água de reúso e seus respectivos padrões de qualidade.

Outro exemplo é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 que aborda determinações relevantes para as atividades de reúso. Ressalta-se também que em 2005, estabeleceram-se no Brasil modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Pela Resolução Nº 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), as modalidades foram: reúso para fins urbanos, reúso para fins agrícolas e florestais, reúso para fins ambientais, reúso para fins industriais e reúso na agricultura (BRASIL, 2005).

Com base nessas informações, alguns autores expressam os potenciais usos das águas residuárias, a exemplo de Carvalho (2013), que indica que elas podem ser utilizadas na irrigação de culturas de girassol. No entanto, é importante ressaltar que se deve promover sempre um tratamento eficiente do efluente a ser utilizado, além do cuidado na escolha e manejo adequados do sistema de irrigação, restrição do tipo de cultura a ser irrigada e cuidados na colheita, transporte e manuseio.

Outro exemplo é o de Dantas (2014), ele descreve que a beterraba e a cenoura podem ser irrigadas com o tratamento composto de 100% de água residuária, indicando que sob as condições que foram analisadas, elas podem servir para a alimentação devido os resultados estarem de acordo com os padrões sanitários aceitáveis para a alimentação humana.

2.7 Efeito da aplicação de águas residuárias

O uso de efluentes na agricultura, apresenta diversas vantagens, pois em muitos casos a quantidade de água utilizada para irrigação das áreas agrícolas é bem maior que o necessário, ocasionando o desperdício da água de boa qualidade (FAGGION *et al.*, 2009). Sendo assim, esse tipo de reúso do efluente tratado, reduz o consumo da água de boa qualidade e evita o desperdício da mesma.

Outro fator de destaque, é que o uso dos efluentes pode ser uma alternativa viável aos fertilizantes químicos, considerando que inúmeras águas residuárias possuem em sua concentração teores de nutrientes de interesse agrônômico (OLIVEIRA, 2012). Aportando consideráveis quantidades de nutrientes ao solo, melhorando sua fertilidade, aumentando a produtividade das culturas e reduzindo custos (MEDEIROS *et al.*, 2015).

Não obstante, Lo Monaco *et al.* (2009) indicam que essa utilização permite a conservação dos corpos hídricos, permitindo o controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola.

Todavia, mesmo que essa prática proporcione benefícios ambientais, além de servir como fonte de nutrientes para o solo e para as culturas, o reúso de água na agricultura deve ser planejado e controlado, pois pode ocasionar efeitos negativos, como a contaminação do solo e do lençol freático (MENEZES; MATOS, 2018). Sendo assim, Silva (2018) esclarece a importância da avaliação da água residuária na elaboração de projetos de irrigação, pois, uma água de má qualidade pode prejudicar o desenvolvimento da cultura e contaminar o solo, bem como afetar a saúde da população, além de produções agrícolas futuras.

Consoante a isso, é evidente a necessidade da análise da qualidade da água a ser utilizada, de modo que ela deve estar dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, com vistas à sua aptidão para um fim específico e objetivando satisfazer uma necessidade ou uso. A qualidade da água para irrigação muitas vezes é expressa devido à salinidade, por meio da

condutividade elétrica ou em relação à quantidade total de sólidos dissolvidos (BERNARDO *et al.*, 2006).

Não obstante, surge a água residuária doméstica tratada, como uma fonte abundante em nutrientes como NPK que, na irrigação agrícola, sendo manejada de maneira adequada, pode fornecer suprimentos essenciais para o desenvolvimento dos vegetais. Além do mais, pode substituir a utilização de água potável no âmbito da irrigação agrícola, auxiliando na fertilidade do solo e diminuindo os impactos negativos ao meio ambiente, por evitar que o efluente doméstico seja descartado nos corpos d'água de forma indiscriminada (SANTOS *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2017).

Cabe ressaltar o trabalho de Santos *et al.* (2012), estudando o desenvolvimento e o estado nutricional de helicônias irrigadas com água residuária tratada de origem doméstica associada a fertilizantes químicos (NPK). Os autores verificaram que a utilização de água residuária doméstica tratada e as lâminas maiores resultaram em acréscimo nos parâmetros de crescimento avaliados. Enquanto Medeiros *et al.* (2020), avaliando o desenvolvimento de girassóis irrigados com água residuária doméstica tratada, observaram melhorias no desenvolvimento e produtividade avaliada.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O cultivo protegido é uma tecnologia amplamente difundida entre os produtores agrícolas, destacando-se como uma solução inovadora para o processo de produção vegetal, contribuindo para o desenvolvimento das plantas com qualidade e vigor, além de seu fornecimento durante todo o ano, isso, devido ao controle das variáveis micrometeorológicas no interior das instalações. Todavia, para atender a produção sustentável nos ambientes protegidos, faz-se necessária a compreensão dos parâmetros microclimáticos que afetam as plantas, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento, período em que os indivíduos são mais sensíveis às variações das condições ambientais, afetando a formação das mudas, fase essencial para garantir a produtividade no nível de campo, principalmente no caso das espécies frutíferas, a exemplo do maracujá amarelo, que tem seu desempenho diretamente afetado pelas variáveis agroclimáticas.

Visando à produção de mudas de alta qualidade de maracujá amarelo, o tipo de substrato adotado e os materiais que o compõem exercem papel fundamental no sucesso produtivo das plantas, contribuindo para seu desenvolvimento com vigor por meio do fornecimento de condições adequadas de suporte estrutural à parte aérea, meio adequado para crescimento radicular e fornecimento de água, oxigênio e nutrientes para os indivíduos. Entretanto, os substratos comerciais elevam os custos de produção, impactando o preço final e qualidade do produto. Dessa forma, para garantir a sustentabilidade da atividade agrícola, bem como a produtividade e rentabilidade, é essencial o uso de fontes alternativas de resíduos orgânicos para compor os substratos, essas fontes podem ser de origem animal, vegetal e misto.

Dentre as possibilidades, têm-se a cama do sistema de confinamento para bovino leiteiro, o *Compost Barn*. Esse material destaca-se pelo seu potencial para uso como adubo orgânico, por ser rico em macro e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento dos vegetais. No entanto, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao manejo e aplicação corretos do composto na produção vegetal, com a realização da caracterização química do material.

Outro fator importante na produção agrícola é a irrigação das culturas, devido ao aumento da demanda hídrica pela agricultura, maior consumidora desse recurso para irrigação das áreas de cultivo, que têm aumentando cada vez mais nos últimos anos, além da carência de água de boa qualidade disponível em todo o mundo, tornando-se imprescindível o emprego de fontes hídricas alternativas, como a água residuária doméstica tratada, visando à sustentabilidade da produção agrícola.

Seu uso apresenta inúmeros benefícios, tais quais: redução do consumo de água de boa qualidade, evitando o desperdício, a conservação dos corpos hídricos e seu lançamento no meio ambiente, além disso, pode ser utilizado como fertilizante, pois possui em sua concentração teores de nutrientes essenciais para melhoria da fertilidade do solo, aumentando a produtividade das culturas, entre elas, o maracujá amarelo, além de reduzir custos.

Todavia, o reúso da água residuária doméstica tratada deve ser planejado e controlado para que não haja impactos negativos ao meio ambiente e a saúde da população, sendo necessário, portanto, a avaliação físico química da água residuária para verificar sua qualidade, de modo que ela esteja dentro dos padrões estabelecidos pela legislação para utilização na agricultura, com manejo adequado pelos produtores.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes: Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ALMEIDA S. L. S.; COGO, F. D.; GONÇALVES, R. O.; RIBEIRO, G. T.; CAMPOS, K. A.; MORAIS, A. R. Adição de Resíduos Orgânicos ao Substrato para Produção de Mudanças de Café em Tubete. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 3, n. 123, p. 9-13, 2011.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada.** 2. ed. Brasília: ANA, 130 p, 2021.
- ARRUA, L. L. D. C.; COSTA, E.; BARDIVIESSO, E. M.; NASCIMENTO, D. M. D.; BINOTTI, F. F. D. S. Protected environments and substrates for mangabeira seedlings (*Hancornia speciosa* Gomez) production. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 984-995, 2016.
- BARROS, D. L.; REZENDE, F. A.; CAMPOS, A. T. Production of *Eucalyptus urograndis* plants cultivated with activated biochar. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, 2019.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. Ch. **Manual de Irrigação.** 8. ed. Viçosa: Ufv, 625 p, 2006.
- BEZERRA, D. E. L.; LIMA FILHO, P.; JÚNIOR, E. B. P.; AZEVEDO, P. R. L.; SILVA, E. A. Reúso de água na irrigação de mudas de mamoeiro no Semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 5-11, 2019.
- BEZERRA, J. D.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. M.; RAPOSO, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 502-508, 2016.
- BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) n. ° 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2005. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20dos,efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRIGATTI A. M. **Compost Barn e a produtividade leiteira**. IEPEC, 2014. Disponível em: <https://iepec.com/compost-barn-e-a-produtividade-leiteira/?v=19d3326f3137>. Acesso em: 17 dez. 2022.

CARVALHO, A. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, C. S.; SILVA, T. G. F. Zoneamento agrometeorológico da moringa para o Estado de Pernambuco em condições atuais e projeções futuras. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 194-202, 2017.

CARVALHO, R. S. **Influência do reúso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal**. Orientador: Gregório Guirado Faccioli. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2013.

CASTAÑEDA, L. N. R.; ANGARITA, G. P. G., CLEVES-LEGUIZAMO, J. A. Mathematical modeling of climatological data to estimate passion fruit crop yield (*Passiflora edulis* L. f. *Flavicarpa* y *purpurea*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 3, p. 1-18, 2021.

CAVALCANTE, L.; MESQUITA, F.; NUNES, J.; DINIZ, A.; JOÃO, A.; ANTONIO, J. L. N.; GUSTAVO, A.; SOUTO, A.; THYAGO, J.; SOUZA, A. Produção e composição mineral do maracujazeiro amarelo com adubação foliar de cálcio-segunda safra. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 35-49, 2015.

COELHO, E. M; AZEVÊDO, L. C; UMSZA-GUEZ, M. A. Fruto do maracujá: importância econômica e industrial, produção, subprodutos e prospecção tecnológica. **Cad. Prospec.**, v. 9, n. 3, p. 323-336, 2016.

CONFORTO, E. C.; BITTENCOURT JÚNIOR, N. S.; SCALOPPI JÚNIOR, E. J.; MORENO, R. M. Comparação entre folhas sombreadas de sete clones adultos de seringueira. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 58, n. 1, p. 29-34, 2011.

COSTA, S.; HORN, A. H.; DONAGEMMA, G. K.; SILVA, M. B. Uso do resíduo de granito oriundo da serraria e polimento como corretivo e fertilizante de solos agrícolas. **Revista Geonomos**, v. 18, n. 1, p. 23-27, 2013.

COSTA, E.; MARTINS, M. B.; VEDRUSCOLO, E. P.; SILVA, A. G.; ZOZ, T.; BINOTTI, F. F. S.; WITT, T. W.; SERON, C. C. Greenhouses within the Agricultura 4.0interface. **Revista Ciência Agrônômica**, v.51, n. 5, p. 20207703, 2020.

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

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotosíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, v. 37, n.2, p. 229-234, 2007.

DAMASCENO, F. A. 2012. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/726/>. Acesso em: 14 set. 2022.

DANTAS, I. L. A.; FACCIOLI, G. G.; MENDONÇA, L. C.; NUNES, T. P.; VIEGAS, P. R. A.; SANTANA, L. O. G. Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 109- 117, 2014.

DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. **Princípios de Engenharia Ambiental**. Tradução AMGH Editora Ltda. 3. ed. New York: McGraw-Hill Global Education Holdings, 2016.

DORIGON, E.B.; TASSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI – Oeste catarinense. **Unoesc & Ciência – ACBS**, v. 1, n. 1, p. 13-22, 2010.

DUHAMEL, M.; VANDENKOORNHUYSE, P. Sustainable agriculture: possible trajectories from mutualistic symbiosis and plant neodomestication. **Trends in plant science**, v. 18, n. 11, p. 597-600, 2013.

EVANGELISTA, A.; JÚNIOR, J.; MELO, P. Resposta do cafeeiro à aplicação de níveis de irrigação e adubação com Alfertil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 392-396, 2013.

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C. A. S.; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 187-190, 2009.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FABIO GELAPE FALEIRO, C. P. A. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2016.

- 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, 2019.
- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Uso de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Senna alata* (L.) Roxb. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 1, p. 133-146, 2013.
- FARIA, R. T.; STEGANI, V.; BERTONCELLI, D. J.; ALVES, G. A. C.; DE ASSIS, A. M. Substrates for the cultivation of epiphytic orchids. **Semina-Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 2851-2866, 2018.
- FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V.; HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, [S.l.], v. 5, n. 4, 2013.
- FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; FERREIRA, C. S.; ANDRADE, R. R. Crescimento vegetativo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* l.) irrigada com água de esgoto doméstico tratado. **Revista Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 27-43, 2012.
- GUESINE, G. D. **Sistema Compost Barn para bovinos leiteiros e seus reflexos nos parâmetros ambientais, desempenho e produção durante o verão em diferentes fases da lactação**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. doi:10.11606/D.11.2020.tde-07052020-151244.
- GUO, Y. F.; WU, H. C.; XIA, Y. Volatiles in juice of passion fruits at different developmental stages. **Fujian Journal of Agricultural Sciences**, v. 32, p. 299-304, 2017.
- HE, X.; LUAN, F.; YANG, Y.; WANG, Z.; ZHAO, Z.; FANG, J.; WANG, M.; ZUO, M.; LI, Y. *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. **Frontiers in pharmacology**, v. 11, p. 1-16, 2020.
- HERNÁNDEZ, T.; CHOCANO, C.; MORENO, J. L.; GARCÍA, C. Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (L.) crops: effects on soil and plant. **Soil & Tillage Research**, v. 160, p. 14-22, 2016.
- HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; NUNES, C. A.; BETTIOL, W.; GUERREIRO, M. C. Physico-Chemical Evaluation of Organic Wastes Compost-Based Substrates for *Eucalyptus*

Seedlings Growth. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v. 47, n. 5, p. 581-592, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Maracujá**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KAHANE, R.; JAENICKE, H.; HOOGENDOORN, C.; HERMANN M.; HUGHES, J. A.; PADULOSI, S.; LOONEY, N. Agrobiodiversity for food security, health and income. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 4, p. 671-693, 2013.

KIM, E.; LEE, D. H.; WON, S.; AHN, H. Evaluation of optimum moisture content for composting of beef manure and bedding material mixtures using oxygen uptake measurement. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 29, n. 5, p. 753, 2016.

LEDO, L. L.; MENEZES, G. L.; BERALDO, M. H.; MELO OLIVEIRA, P. *Compost Barn: motivos para implantação e técnicas de manejo da cama*. **Sinapse Múltipla**, v. 10, n. 1, p. 49-51, 2021.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M. A.; DAMASCENO, F. A.; GALAMA, P.; TARABA, J. L.; KUIPERS, A. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1072-1099, 2020.

LI, C.; XIN, M.; LI, L.; HE, X.; YI, P.; TANG, Y.; LI, J.; ZHENG, F.; LIU, G.; SHENG, J.; LI, Z.; SUN, J. Characterization of the aromatic profile of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) during ripening by HS-SPME-GC/MS and RNA sequencing. **Food chemistry**, v. 355, p. 129685, 2021.

LIMA JUNIOR, J. C.; ARRAES, F. D.; OLIVEIRA, J. B.; NASCIMENTO, A. L.; MACÊDO, K. G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 447-454, 2016.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, v. 14, n. 3, p. 348-364, 2009.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. Nitrogênio na agricultura brasileira. in: LAPIDO LOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes, agroindústria e sustentabilidade**. CETEM/MCT. p. 211-255. Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

- MEDEIROS, L. C.; SANTOS, J. S.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, M. T. C. C.; MEDEIROS, M. R. J. C. Morfometria de girassóis irrigados com água residuária e adubado com diferentes doses de nitrogênio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14936-14950, 2020.
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.603-612, 2015.
- MEINL, A. M.; VIEIRA, E. P. O impacto do uso da tecnologia no desempenho da produção leiteira: manejo tradicional, *Compost Barn* e Free Stall. **Revista Ambiente Contábil**, v. 14, n. 1, p. 152-173, 2022.
- MENDONÇA, S. R., MENDONÇA, L. C. **Sistemas sustentáveis de esgotos: Orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reúso na agricultura**. 2. ed. Revista. São Paulo: Blucher, 364 p, 2017.
- MENEZES, L. A. N.; MATOS, A. T. Condutividade elétrica do solo em função da dose de aplicação de água residuária em áreas de fertirrigação. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, [S. l.], v. 26, n. 4, p. 383-389, 2018.
- MONTEIRO, S. S.; BESERRA, Y. A. S.; OLIVEIRA, H. M. L.; PASQUALI, M. A. B. Production of probiotic passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) drink using *Lactobacillus reuteri* and microencapsulation via spray drying. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 1-14, 2020.
- MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; LEITE, D. F. Bed temperature in Compost Barns turned with rotary hoe and offset disc harrow. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, p. 280-287, 2019.
- MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; LEITE, D. F. Use of Compost Bedded Pack Barn in Maize Fertilization for Silage. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, p. 1571-1588, 2020.
- MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R. de; LEITE, D. F. Utilization of bedded cattle confinement for organic manure of maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, p. 620-624, 2019.

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; RESENDE, E. A. M.; REZENDE, C. P. A.; ABREU, L. R.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: Histórico e características. **Pubvet**, v. 11, n. 5, p. 424-537, 2017.

OLIVEIRA, A. D. F. M.; FERNANDES, F. G. B. C.; BATISTA, R. O.; DI SOUZA, L.; GURGEL, M. T. Teores de metais pesados em cambissolo irrigado com água residuária doméstica e água de poço/Heavy metal contents in irrigated cambisoil with domestic wastewater and well water. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 302, 2014.

OLIVEIRA, E. L. (Org.). **Manual de Utilização de Águas Residuárias em Irrigação**. 1^a Botucatu: Fepaf, 192p, 2012.

OLIVEIRA, M. C. C.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. M. S. Diversificação dos sistemas produtivos familiares: reflexões sobre as relações sociedade-natureza na Amazônia Oriental. **Novos Cadernos NAEA**, v. 14, n. 2, p. 61-88, dez., 2011.

PEREIRA, I. S.; LIMA, K. C. C.; MELO JUNIOR, H. B. Substratos orgânicos na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 17-26, 2017.

QUARESMA, J. P.; PACHECO, D. D.; SILVA, T. C.; BATISTA, C. H. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa) em resposta a calagem, NPK e micronutrientes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e817986372-e817986372, 2020.

RAMOS, A. M. R.; AMORIM, B. M. B.; FREIRE, C. T. M.; LIMA, D. L. F. A. Atributos físicos do solo em sistema consorciado e monocultivo do maracujá (*Passiflora edulis* Sims). **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 13, n. 1, p. 80-87, 2019.

RANGEL JUNIOR, I. M.; CRUVINEL, F. F.; VASCONCELLOS, M. A. D. S.; MARTELLETO, L. A. P. Uso de diferentes substratos na produção de mudas orgânicas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*). **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

REBOUÇAS, P. M.; DIAS, I. F.; ALVES, M. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 115-125, jun. 2015.

RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. submetidos a diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

- ROMANINI, C. E. B.; GARCIA, A. P.; ALVARADO, L. M.; CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K.; Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1194–1201, 2010.
- SANTOS, E. A. D.; FERREIRA, L. R.; COSTA, M. D.; SILVA, M. D. C. S. D.; REIS, M. R. D.; FRANÇA, A. C. Occurrence of symbiotic fungi and rhizospheric phosphate solubilization in weeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 1, p. 49-55, 2013.
- SANTOS, O. S.; PAZ, V. P. D. S.; GLOAGUEN, T. V.; TEIXEIRA, M. B.; FADIGAS, F. D. S.; COSTA, J. A. Crescimento e estado nutricional de helicônia irrigada com água residuária tratada em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 820-827, 2012.
- SANTOS, S. R.; SOARES, A. A.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; CECON, P. R. Crescimento e produção do algodoeiro fertirrigado com água residuária sanitária no semiárido de Minas Gerais. **Irriga**, v. 21, n. 1, p. 40-57, 2016.
- SANTOS, T. V.; LOPES, T. C.; SILVA, A. G.; PAULA, R. C. M.; COSTA, E.; BINOTTI, F. F. S. Produção de mudas de maracujá amarelo com diferentes materiais refletores sobre bancada. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 4, p. 26-32, 2017.
- SHAMSHIRI, R. R.; JONES, J. W.; THORP, K. R.; AHMAD, D.; MAN, H. C.; TAHERI, S. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. **International agrophysics**, v. 32, n. 2, p. 287-302, 2018.
- SILVA, G. G. B. S.; FERRAZ, P. F. P.; DAMASCENO, F. A.; ZOTTI, M. L. A. N.; BARBARI, M. Compost Barns: A Bibliometric Analysis. **Animals**, v. 12, n. 19, p. 2492, 2022.
- SILVA, L. L.; CARVALHO, C. M.; SOUZA, R. D. P. F.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, S. O.; GOMES FILHO, R. R. Utilização de efluentes domésticos no crescimento da pimenta (*Capsicum chinense*), cultivar tekila bode vermelha. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, p. 121-133, 2014.
- SILVA, M. S. **Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio**. Tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018.

SILVA, R. C. D.; CORDEIRO, J. J.; PANDORFI, H.; VIGODERIS, R. B.; GUISELINI, C. Simulation of ventilation systems in a protected environment using computational fluid dynamics. **Engenharia Agrícola**, v. 37, p. 414-425, 2017.

SILVA, S. R.; SOUZA, F. M.; ESPINHEIRA, M. J. C. L. Avaliação da atividade antibacteriana do óleo essencial das sementes de *Passiflora edulis* Sims frente às bactérias Gram Positivas e Gram Negativas. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 13, n. 43, p. 1003-1017, 2019.

TOMAZI, C. V.; GAI, V. F. Produtividade de milho para silagem com utilização do *Compost Barn*. **Revista Cultivando o Saber**, v. 15, p. 9-19, 2022.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021: o valor da água. Fatos e Dados**. Disponível em: https://d15k2d11r6t6rl.cloudfront.net/public/users/Integrators/7ba73aaa-3da9-4cf1-abf2-ccc85dea5875/uid_3084837/Facts-Figures_Portoguese-WWDR-2021.pdf. Acesso em: 15 dez. 2022.

VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S.; CUNHA, R. L. D.; DIAS, F. P. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 55-60, 2010.

VON SPERLING, M. **Biological Wastewater Treatment: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal**. IWA Publishing. London, 2007.

VON SPERLING, M.; ANDREOLI, C. V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 441p, 2014.

WOLF, K. **A portable sensor for measuring gas emissions from dairy compost bedded 850 pack barns**. These. Biosystems and Agricultural Engineering. University of Kentucky, 2017. <https://doi.org/10.13023/ETD.2017.393>

XIONG, F.; LI, X.; ZHENG, L.; HU, N.; CUI, M.; LI, H. Characterization and antioxidant activities of polysaccharides from *Passiflora edulis* Sims peel under different degradation methods. **Carbohydrate polymers**, v. 218, p. 46-52, 2019.

ZACHARIAS, A. O.; FALEIRO, F. G.; ALMEIDA, G. Q. Perfil dos produtores e da adoção de tecnologias no cultivo de maracujá na região do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 5, p. 1-12, 2020.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1: PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis* Sims) EM DIFERENTES SUBSTRATOS COM CAMA DE *COMPOST BARN* E IRRIGADAS COM CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA

ARTIGO REDIGIDO CONFORME O MANUAL DE NORMALIZAÇÃO E ESTRUTURA DE TRABALHOS ACADÊMICOS: TCCS, MONOGRAFIAS, DISSERTAÇÕES E TESES 3ª EDIÇÃO REVISTA, ATUALIZADA E AMPLIADA

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis* Sims) EM DIFERENTES SUBSTRATOS COM CAMA DE *COMPOST BARN* E IRRIGADAS COM CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA

RESUMO

O maracujá amarelo é uma das espécies frutíferas mais cultivadas no Brasil. Para formação adequada das mudas, a composição dos substratos é essencial para a produtividade, sendo o uso de materiais orgânicos, alternativa sustentável. Visando mitigar as problemáticas oriundas do desperdício de água e suprir a deficiência hídrica, o reúso de água surge como uma alternativa para agricultura irrigada, devido à presença de macro e micronutrientes presentes nas águas, favorecendo os vegetais. Assim, a pesquisa se propôs avaliar a produção de mudas de maracujá amarelo, irrigadas com diferentes concentrações de água residuária doméstica tratada em diferentes formulações de substratos com cama de *Compost Barn*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x5, em que foram utilizadas cinco concentrações de água residuária doméstica tratada (AR): $C_{AR,0}$ (0% água residuária = AR); $C_{AR,25}$ (25% AR + 75% AA = Água de abastecimento); $C_{AR,50}$ (50% AR + 50% AA); $C_{AR,75}$ (75% AR + 25% AA) e $C_{AR,100}$ (100% AR) e cinco substratos: $S_{70TS+30EB}$ (70% terra de subsolo = TS + 30% esterco bovino = EB); S_C (substrato comercial); S_{100TS} (100% TS); $S_{70TS+30CCB}$ (70% TS + 30% de Cama do *Compost Barn* = CCB) e $S_{50TS+50CCB}$ (50% TS + 50% CCB). As avaliações agrônômicas e suas relações foram realizadas aos 60 dias após a semeadura. Os dados foram submetidos às análises de variância pelo teste F, regressão, comparação entre médias pelo Teste de Tukey e Análise dos Componentes Principais. Houve efeito da interação (Concentrações x Substratos) para as variáveis: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas, massa fresca da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz, Índice de Qualidade de Dickson, área foliar e eficiência do uso da água, proporcionando incremento no desenvolvimento das plantas. As mudas de maracujá amarelo foram influenciadas pela irrigação com diferentes concentrações de água residuária doméstica tratada e substratos. O tratamento formado pelos níveis $C_{AR,75}+S_C$ pode ser indicado para produção de mudas de alta qualidade de maracujá amarelo, proporcionando maior desenvolvimento em termos morfológicos e de suas relações.

Palavras-chave: Produção vegetal. Produção de frutas. Reaproveitamento de resíduos. Resíduos de bovinos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The yellow passion fruit is one of the most cultivated fruit species in Brazil. For adequate seedling formation, the composition of the substrates is essential for productivity, and the use of organic materials is a sustainable alternative. Aiming at mitigating the problems arising from wasting water and supplying water deficiency, water reuse emerges as an alternative for irrigated agriculture, due to the presence of macro and micronutrients present in the water, favoring the plants. Thus, the research proposed to evaluate the production of yellow passion fruit seedlings, irrigated with different concentrations of domestic wastewater, treated in different formulations of substrates with Compost Barn bedding. The experimental design was entirely randomized, in a 5x5 factorial scheme, in which five concentrations of treated domestic wastewater (AR) were used: $C_{AR,0}$ (0% wastewater = AR, corresponding to 100% water supply = AA); $C_{AR,25}$ (25% AR + 75% AA); $C_{AR,50}$ (50% AR + 50% AA); $C_{AR,75}$ (75% AR + 25% AA) and $C_{AR,100}$ (100% AR) and five substrates: $S_{70TS+30EB}$ (70% subsoil = TS + 30% bovine manure = EB); S_C (commercial substrate); S_{100TS} (100% TS); $S_{70TS+30CCB}$ (70% TS + 30% Compost Barn Bed = CCB) and $S_{50TS+50CCB}$ (50% TS + 50% CCB). Agronomic evaluations and their relationships were performed at 60 days after sowing. The data were submitted to variance analysis by F test, regression, comparison between means by Tukey's Test and Principal Components Analysis. There was an interaction effect (concentrations x substrates) for the following variables: height of the aerial part, diameter of the stalk, number of leaves, fresh mass of the aerial part and root, dry mass of the aerial part and root, Dickson Quality Index, leaf area and water use efficiency, providing an increase in plant development. The yellow passion-fruit seedlings were influenced by irrigation with different concentrations of treated domestic wastewater and substrates. The treatment formed by the levels $C_{AR,75}+S_C$ can be indicated for the production of high quality seedlings of yellow passion fruit, providing greater development in morphological terms and of its relations.

Keywords: Plant production. Fruit production. Reuse of waste. Cattle waste. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

As regiões tropicais do mundo abrigam uma extensa biodiversidade, compostas de uma gama de plantas exóticas que produzem frutas. A maioria das frutas obtidas são comestíveis e ganharam popularidade em virtude de sua qualidade sensorial, sabor único e valores

nutracêuticos. As frutas podem ser consumidas *in natura* ou na forma de suco, entre outras formas (REIS *et al.*, 2018a).

O maracujá é o nome popular dado a diversas espécies do gênero *Passiflora* que pertence à família *Passifloraceae*, da qual existem mais de 500 espécies distribuídas em regiões de clima tropical e subtropical em todo o mundo (REIS *et al.*, 2018b). A cultura do maracujá possui grande relevância dentro da fruticultura mundial, possuindo cerca de 150 espécies, entretanto, a espécie mais cultivada é o maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims) (MARTINS *et al.*, 2019). O maracujazeiro possui característica de planta trepadeira, lenhosa, perene, com o crescimento rápido, vigoroso, contínuo e exuberante (JINKINGS *et al.*, 2020).

O maracujá amarelo é uma espécie frutífera amplamente cultivada e consumida no Brasil (MONZANI *et al.*, 2018). O país é o maior produtor e consumidor da cultura do mundo (SILVA *et al.*, 2022). No ano de 2021, a produção brasileira de maracujá foi de 683.993 toneladas, com área colhida de 44.827 hectares e produtividade média de 15.259 kg ha⁻¹ (IBGE, 2021).

O cultivo da espécie é voltado principalmente para a produção de sucos e polpas, em razão de seu sabor ácido e da receita financeira gerada (ALMEIDA *et al.*, 2022). Rico em pectina e abundante nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, do maracujá costuma ser utilizada apenas a polpa, descartando-se a casca. Esta, entretanto, pode ser incluída como farinha na alimentação (CLARO *et al.*, 2018). Além disso, estudos científicos demonstraram atividade antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, anti-hipertensiva, hepatoprotetora, hipoglicêmica e hipolipidêmica e antidepressiva para partes como as folhas (HE *et al.*, 2020).

Em relação ao processo de produção das mudas de maracujá amarelo, sua formação em condição de boa nutrição é importante mecanismo para travar a manifestação e o avanço de doenças no campo, bem como aumentar a longevidade e a produtividade do maracujazeiro (QUARESMA *et al.*, 2020). Para obter um estande de plantas uniforme é fundamental a utilização de mudas de boa qualidade, pois mudas com qualidade inferior comprometem o desempenho final da planta, acarretando prejuízos na produção e retardando o ciclo produtivo (COSTA *et al.*, 2018).

Considerando que a produção de mudas obedece a dois critérios essenciais: o custo de aquisição e a disponibilidade de material para a produção dos substratos (MENEGHELLI *et al.*, 2017), a qualidade do substrato é de grande importância e deve possuir propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas para fornecer os nutrientes necessários para o pleno desenvolvimento da planta (KATO *et al.*, 2018; ANTUNES *et al.*, 2019).

Para garantir a produtividade de espécies frutíferas, a composição dos substratos para formação adequada das mudas é essencial. Os substratos comerciais são amplamente difundidos e possuem boa qualidade, porém elevam os custos de produção (CARVALHO *et al.*, 2022). Na busca por alternativas sustentáveis, a reutilização de resíduos na formação de substratos tem sido frequentemente alvo de estudos que visam o reaproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, com isso, reduzem o custo de produção e mitigam os impactos ambientais negativos gerados (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Diante das possibilidades, têm-se a cama oriunda do *Compost Barn* (CB), o sistema consiste em confinar os animais em uma grande área comum, com piso do galpão coberto por uma cama de material absorvente, geralmente formada por palha, serragem ou maravalha (SILVA *et al.*, 2020). O CB destaca-se pela produção de resultados promissores para a saúde, bem-estar e desempenho dos animais (BIASATO *et al.*, 2019). A particularidade deste sistema é que ocorre o processo de compostagem aeróbia da cama, o qual é induzido pela periódica homogeneização dos dejetos dos animais associados à aeração rotineira (MOTA *et al.*, 2017).

O revolvimento da cama promove a incorporação dos dejetos e favorece a aeração da mesma, objetivando uma melhor atividade metabólica dos microrganismos aeróbios que agem na decomposição dos dejetos (ZANETONI *et al.*, 2022). Para uma compostagem eficaz, a temperatura adequada e o teor de umidade devem ser mantidos (ECKELKAMP *et al.*, 2016), resultando em um composto amadurecido que pode ser reaproveitado como adubo orgânico na agricultura sustentável.

A utilização de materiais desse tipo tendem a melhorar tanto as características químicas quanto as físicas do solo e, conseqüentemente, as condições para o crescimento da planta,

principalmente quando se utiliza o solo, *in natura*, como um dos componentes do substrato (CARNEIRO; VIERIA, 2020).

Outro fator importante na produção vegetal está relacionado ao manejo correto da irrigação com uso eficiente da água, o que acarreta em benefícios a atividade produtiva. No entanto, a irrigação para fins agrícola representa 70% da água utilizada e essa atividade consome a maior parte de água doce disponível (COSTA *et al.*, 2022).

Aliado a isso, o uso constante do homem sobre os recursos hídricos de boa qualidade e a necessidade de expansão da produção agrícola, têm indicado a necessidade de utilização de fontes com água de baixa qualidade como uma importante alternativa, por se tratar de um instrumento relevante dentro da gestão ambiental, uma vez adotadas tecnologias apropriadas para sua adequada utilização (MARQUES *et al.*, 2022).

Em função disso, o reúso de águas residuárias torna-se uma alternativa para a agricultura irrigada (CABRAL *et al.*, 2019). Esta prática, quando implementada de forma controlada, além de permitir a conservação dos corpos hídricos, aporta consideráveis quantidades de nutrientes ao solo, refletindo-se em melhoria de sua fertilidade, tendo como consequência o incremento da produtividade das culturas e redução dos custos com adubação química (MEDEIROS *et al.*, 2021).

Assim, percebe-se a necessidade de investigação a respeito dos efeitos da aplicação de água residuária doméstica tratada na agricultura, abrangendo também o sistema solo-planta e meio ambiente, além da necessidade de informações sobre o uso de substratos alternativos para produção de mudas de espécies frutíferas, a exemplo do maracujá amarelo, objetivando o manejo adequado e que abranja os princípios da sustentabilidade técnica e ambiental, garantido também a produtividade das culturas. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa foi avaliar a produção de mudas de maracujá amarelo irrigadas com diferentes concentrações de água residuária doméstica tratada em diferentes formulações de substratos com cama de *Compost Barn*.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Construções, Ambiência e Sustentabilidade, lotado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras - UFLA, situada na cidade de Lavras, sul do Estado de Minas Gerais, com uma altitude média de 910 metros, latitude de 21°14'06"S e longitude de 45°00'00"W. A classificação climática proposta por Köppen é do tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão, com precipitação total média anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4°C (BRASIL, 1992; DANTAS *et al.*, 2007).

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Fitopatologia da UFLA. A estrutura é tipo arco duplo, com área total de 145,3 m², largura de 8,7 m, comprimento de 16,7 m, pé-direito de 3,0 m e altura total de 4,5 m, orientado no sentido Leste-Oeste, coberto por filme de polietileno de baixa densidade, com 150 µm de espessura e aditivo anti-uv. Os fechamentos transversais e longitudinais possuem tela sombrite (50%) (Figura 1A). As unidades experimentais foram distribuídas sobre uma bancada, com altura de 1 m do nível do solo, comprimento de 3 m e largura de 1 m (Figura 1B)

Figura 1 – Casa de vegetação (A) e unidades experimentais dispostas sobre a bancada (B).



Fonte: Acervo da pesquisa.

2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial de 5x5, onde que foram utilizadas cinco concentrações de água residuária doméstica tratada: $C_{AR,0}$ (0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA); $C_{AR,25}$ (25% AR + 75% AA); $C_{AR,50}$ (50% AR + 50% AA); $C_{AR,75}$ (75% AR + 25% AA) e $C_{AR,100}$ (100% AR) e cinco substratos: $S_{70TS+30EB}$ (70% terra de subsolo = TS + 30% esterco bovino = EB); S_C (substrato comercial); S_{100TS} (100% TS); $S_{70TS+30CCB}$ (70% TS + 30% de Cama do *Compost Barn* = CCB) e $S_{50TS+50CCB}$ (50% TS + 50% CCB) com cinco repetições, cada parcela experimental foi constituída por três sacos de polietileno com dimensões 10,0 cm de largura x 22,0 cm de altura, totalizando 375 sacos.

2.3 Condução do experimento

Em relação à preparação dos substratos adotados no preenchimento dos sacos de polietileno, o $S_{70TS+30EB}$ (70% terra de subsolo = TS + 30% esterco bovino = EB) foi formulado com base na indicação de Sakiyama *et al.* (2015), os quais recomendam para cada m^3 de substrato a utilização de 700 L de terra peneirada, 300 L de esterco de curral curtido e peneirado (ou 80 litros de esterco de galinha ou ainda 10 a 15 litros de torta de mamona) com adição de 3 a 5 kg de superfosfato simples e 0,5 a 1,0 kg de cloreto de potássio e 1,0 a 2,0 kg de calcário dolomítico. O S_C (substrato comercial) foi do tipo Carolina Soil, indicado para produção de mudas e adquirido junto ao comércio agrícola. O S_{100TS} (100% TS) correspondeu à terra de subsolo “barranco”, coletada em local mais próximo e peneirada previamente para retirada de materiais indesejados, o material não passou por nenhum tipo de correção ou tratamento preliminar, pois, pretendeu-se verificar o efeito da aplicação da AR nas características químicas do solo. O $S_{70TS+30CCB}$ foi composto de 70% de Terra de subsolo + 30% de cama de *Compost Barn* e $S_{50TS+50CCB}$ foi composto por 50% de Terra de subsolo + 50% de cama de *Compost Barn*.

O composto orgânico utilizado nas formulações S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} foi proveniente de um sistema *Compost Barn* pertencente a Fazenda Progresso Olaria, localizada na comunidade Cajuru do Cervo, município de Lavras-MG e foi submetido a um descanso de 1 semana, antes de ser utilizado na preparação dos substratos correspondentes.

Foram coletadas amostras do solo à profundidade de 0 a 20 cm para caracterização física. Bem como, foram coletadas amostras da cama do *Compost Barn* a ser utilizada nos substratos S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} para caracterização química, conforme a metodologia de Tedesco *et al.* (1995). Em seguida, foi realizada a mistura dos materiais para composição dos substratos, conforme os tratamentos estabelecidos, e coletadas amostras para análise química, mediante metodologia da Embrapa (1997). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência Do Solo (DCS) da UFLA. Os resultados são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Características físicas do solo utilizado na composição dos substratos utilizados no experimento, realizada pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência Do Solo (DCS) da UFLA.

Análise granulométrica (dag kg⁻¹)			
Classificação do solo	Argila	Silte	Areia
Solo Tipo 3	64	19	17

Solo Tipo 1: Textura Arenosa; Solo Tipo 2: Textura Média; SoloTipo 3: Textura Argilosa.

Tabela 2 – Caracterização físico-químicas iniciais dos substratos utilizados no experimento, realizada pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência Do Solo (DCS) da UFLA.

Parâmetros	Unidade de medida	CCB	S _{70TS+30EB}	Sc	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
CE	mS/cm	8,90	1,47	1,40	0,05	1,89	1,90
pH	-	8,2	6,0	6,1	6,0	7,3	5,8
Al	mg kg ⁻¹	7527,8	49644,6	15590,4	29125,8	57110,0	48930,0
S	mg kg ⁻¹	2373,2	647,4	1017,7	132,2	348,6	544,8
P	mg kg ⁻¹	2517,6	741,2	940,0	260,2	420,2	565,8
Mg	mg kg ⁻¹	5129,4	321,0	45353,4	72,3	538,6	909,2
K	mg kg ⁻¹	15354,2	177,7	4789,0	LQ	1041,4	2307,0
Ca	mg kg ⁻¹	7942,8	4363,6	6388,9	1656,2	600,8	1129,2
N	g kg ⁻¹	11,30	1,58	7,42	0,66	4,66	4,84
Mn	mg kg ⁻¹	652,6	313,5	165,3	297,6	276,6	249,6
Fe	mg kg ⁻¹	8584,0	74280,6	14355,6	10211,8,0	73019,0	64467,2
Zn	mg kg ⁻¹	128,1	29,1	30,4	31,2	49,8	54,6
Cu	mg kg ⁻¹	61,3	22,9	20,7	25,5	38,7	38,2
Na	mg kg ⁻¹	1574,8	293,7	489,3	270,1	8,7	139,1
B	mg kg ⁻¹	16,5	9,4	8,1	12,1	9,3	9,1

Em que, CCB: cama do *Compost Barn*, S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), Sc: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB.

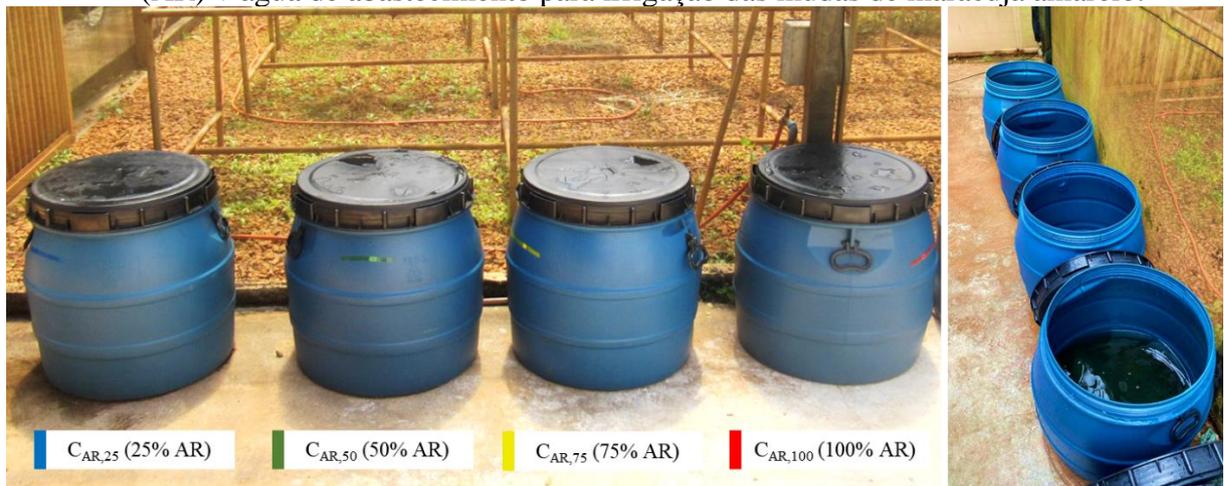
CE: Condutividade Elétrica; pH: Potencial Hidrogeniônico; Al: Alumínio; S: Enxofre; P: Fósforo; Mg: Magnésio; K: Potássio; Ca: Cálcio; N: Nitrogênio; Mn: Manganês; Fe: Ferro; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Na: Sódio; B: Boro.

Observação: LQ - menor que o limite de quantificação do método.

Em relação à irrigação, a CAR₀ correspondeu a 100% AA (controle) obtida de torneira localizada na própria casa de vegetação. Para a preparação das concentrações de AR, foram utilizados quatro tambores com capacidade para 100L, sendo que eles foram preenchidos com AA acrescida das concentrações de AR, oriunda da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada na UFLA, conforme tratamentos estabelecidos. Para evitar as variações decorrentes

da sazonalidade, foi coletado um volume de AR suficiente para conduzir o experimento. Os recipientes foram identificados por cores, utilizando fitas adesivas, cada cor representava uma concentração de AR: azul (25%), verde (50%), amarelo (75%) e vermelho (100%) (Figura 2).

Figura 2 - Tambores preenchidos com as concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) + água de abastecimento para irrigação das mudas de maracujá amarelo.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Posteriormente, foram coletadas amostras das águas e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Água do Departamento de Engenharia Ambiental (LAADAM) da UFLA para caracterização físico-química, mediante metodologia de APHA (2012), sendo o resultando apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização físico-químicas das concentrações de água residuária doméstica tratada da ETE.

Parâmetros analisados	$C_{AR,0}$	$C_{AR,25}$	$C_{AR,50}$	$C_{AR,75}$	$C_{AR,100}$	Normas COPAM
pH	6,8	6,5	6,4	6,7	6,7	6,0 a 9,0
DBO (mg/L)	3,0	6,0	30,0	18,0	15,0	-
DQO (mg/L)	11,0	18,3	78,0	44,0	48,7	-
AT (mg/L)	13,0	55,0	134,0	191,0	244,0	-
Acidez Total (mg/L)	10,0	62,0	135,0	77,0	100,0	-
Fósforo Total (mg/L)	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	-
N-NH ₃ (mg/L)	<2,8	<2,8	3,7	7,5	22,4	20
NTK (mg/L)	<2,8	<2,8	5,6	12,1	29,9	-
OD (mg/L)	6,2	2,8	0,1	1,3	1,7	-
ST (mg/L)	53,0	175,0	280,0	367,0	447,0	-
SV (mg/L)	35,0	143,0	85,0	62,0	97,0	-
CE (µs/cm)	110,0	250,0	420,0	640,0	850,0	-
Nitrato (mg/L)	$<9,6 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-1}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-2}$	$9,8 \times 10^{-1}$	10
Nitrito (mg/L)	$<9,5 \times 10^{-5}$	$7,9 \times 10^{-3}$	$<9,5 \times 10^{-5}$	1,37	1,28	1,0

Em que, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, DQO: demanda química de oxigênio, AT: Alcalinidade Total, N-NH₃: nitrogênio amoniacal, NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl, OD: Oxigênio Dissolvido, ST: Sólidos Totais, SV: Sólidos Voláteis, CE: Condutividade Elétrica; $C_{AR,0}$ (0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA); $C_{AR,25}$ (25% AR + 75% AA); $C_{AR,50}$ (50% AR + 50% AA); $C_{AR,75}$ (75% AR + 25% AA) e $C_{AR,100}$ (100% AR).

Obs.: Para cada parâmetro analisado, foram calculadas as médias das triplicatas; Os parâmetros analisados das concentrações de água residuária doméstica tratada utilizadas nas condições de tratamento e padrões de lançamentos de efluentes estão de acordo com a deliberação conjunta COPAM/CERH-MG Nº1 de 05 de maio de 2008, seção II, art. 29.

A semeadura direta foi realizada em 02/08/2022, utilizando três sementes de maracujá amarelo (159 - *P. edulis* ISLA) em cada saco de polietileno. Foi realizado o desbaste das plântulas após a emergência, deixando uma planta mais vigorosa em cada recipiente.

Em relação ao procedimento de irrigação, esta ocorreu diariamente pela manhã às 8 horas (SILVA *et al.*, 2021). Foi realizada de forma manual, com auxílio de uma proveta graduada para controle do volume de água a ser aplicado nas parcelas experimentais. Inicialmente, a irrigação foi realizada diariamente com água para abastecimento durante 30 dias, de modo a garantir uma melhor estabilização dos indivíduos. Após esse período, foi acrescentada à

irrigação com diferentes concentrações de água residuária doméstica tratada, além de continuar com a irrigação com água de abastecimento, de acordo com os tratamentos.

Para quantificação do volume de água a ser aplicado em cada saco de polietileno com a muda de maracujá amarelo na casa de vegetação, foi realizado o ensaio de Capacidade de campo (Cc) previamente, utilizando-se de 4 sacos de polietileno para cada tipo de substrato a ser avaliado, seguido pela saturação destes até o cessamento da drenagem pela ação da gravidade, sendo determinada a diferença entre os pesos dos substratos úmido e seco para calcular a quantidade de água a ser aplicada antes da semeadura. Em seguida, os sacos foram pesados para se obter a massa quando estiverem na capacidade de campo e a massa após 24h, correspondendo a perda por evapotranspiração, para se determinar a quantidade de água a ser repostada em cada saco contendo os diferentes tipos de substratos utilizados durante o período experimental (CRUZ *et al.*, 2008).

Assim, observou-se que a maior quantidade de água aplicada em função da evapotranspiração foi verificada no S_C aos 30 (25,9), 45 (25,8) e 60 (25,8) dias após a semeadura (DAS), com médias diferindo significativamente dos demais substratos, essa superioridade resultou em maior aplicação de água por substrato com total de 116096,25 ml, seguido pelos substratos S_{70TS+30EB} e S_{100TS} com total de 85663,75 e 81830,00 ml, respectivamente. Nota-se que S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} demandaram menor quantitativo de água ao final do período amostral (Tabela 4).

Tabela 4 - Volume de água aplicado em função da evapotranspiração em cada saco de polietileno com diferentes substratos.

Substratos	Água (ml) por período		
	30 DAS	45 DAS	60 DAS
S _{70TS+30EB}	22,2 b	19,7 b	19,0 b
S _C	25,9 a	25,8 a	25,8 a
S _{100TS}	20,6 b	19,1 b	18,2 b
S _{70TS+30CCB}	20,3 b	18,5 b	17,9 b
S _{50TS+50CCB}	18,8 b	17,4 b	17,5 b
CV (%)	23,49	25,30	24,39

Substratos	Água (ml) por parcela ¹			Total por substrato (ml)
	30 DAS	45 DAS	60 DAS	
S _{70TS+30EB}	1995,25	2659,60	3426,54	85663,75
S _C	2331,00	3488,25	4643,85	116096,25
S _{100TS}	1858,25	2578,10	3273,21	81830,00
S _{70TS+30CCB}	1830,75	2502,25	3216,99	80425,00
S _{50TS+50CCB}	1695,75	2346,75	3143,25	78581,25

Em que, DAS: dias após a semeadura e CV: coeficiente de variação; ¹Cada parcela é composta por três sacos. S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% cama de Compost Barn (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas na mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Ao longo do experimento, os tratos culturais e fitossanitários foram realizados conforme as necessidades da cultura. O controle das plantas daninhas foi realizado por meio do arranque manual.

2.4 Características avaliadas

Foram realizadas contagens das plântulas diariamente, para verificação da Emergência (E) segundo Carvalho e Nakagawa (2012) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) conforme proposto por Maguire (1962), utilizando as seguintes equações:

$$E = \left(\frac{N}{A} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

E é a Emergência; N, o número de plântulas no final do teste e A, o número de sementes semeadas.

$$IVE = \left(\frac{E_1}{N_1} \right) + \left(\frac{E_2}{N_2} \right) + \dots + \left(\frac{E_n}{N_n} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

IVE é Índice de velocidade de emergência; E₁, E₂, E_n, o número de sementes emergidas computadas em cada contagem e N₁, N₂, N_n, o número de dias, em relação à data da semeadura.

As características morfológicas foram avaliadas aos 60 DAS, período em que as mudas atingem os tamanhos apropriados para o plantio (CORLET, 2022; CRUZ *et al.*, 2008), considerando as seguintes variáveis: número de folhas, computado diretamente em cada planta; altura da planta (H), determinada com o auxílio de uma régua graduada (cm), tendo como base o colo da planta até o seu meristema apical; diâmetro do coleto (DC), determinado usando um paquímetro digital (mm) com precisão de 0,01 mm, tendo como base o nível do substrato; Índice de Clorofila (IC), que foi determinado por meio do SPAD-502 Plus Medidor de Clorofila em três pontos distintos de cada folha totalmente expandida das plantas. A área foliar (cm²) foi determinada de acordo com a Equação 3 proposta por Benincasa (2003).

$$AF = (C \times L) \times f \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

AF: área foliar (cm²), C: comprimento de cada folha (cm), L: largura de cada folha (cm) e f: Fator 0,6544.

Em seguida, as plantas foram retiradas dos sacos de polietileno e posteriormente separadas as partes aéreas das raízes, por meio de corte na região do colo para determinação do comprimento radicular (CR) com auxílio de régua milimetrada. Logo após, o material foi acondicionado em sacos de papel kraft identificados para serem submetidos a pesagem, considerando a massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR) com o auxílio da balança digital com precisão de 0,0001 g para determinação da massa fresca e, posteriormente, estas amostras foram colocadas na estufa a 60±5°C até o peso constante para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), bem como da massa seca total (MST), expressa em g planta⁻¹. A partir da área foliar e da MSPA, foi calculada a razão de área foliar (RAF), conforme a Equação 4 proposta por Benincasa (2003). Os principais procedimentos de avaliação das mudas são representados na Figura 3.

$$RAF = \frac{AF}{MSPA} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

RAF: razão de área foliar (cm² g⁻¹), AF: área foliar (cm²) e MSPA: massa seca da parte aérea (g).

Figura 3 - Avaliações das principais características agrônômicas das mudas de maracujá amarelo em casa de vegetação e no Laboratório de Construções, Ambiente e Sustentabilidade (UFLA).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido em função da massa seca total (MST), da H, do DC, da MSPA e da MSR, mediante a Equação 5 (DICKSON *et al.*, 1960):

$$IQD = \left(\frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \right) \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

MST é a massa seca total (g); H, altura (cm); DC, diâmetro do coleto (mm); MSPA, massa seca da parte aérea (g) e MSR, massa seca da raiz (g).

Foi verificada a eficiência de uso da água (EUA), obtida pelo quociente entre o incremento de biomassa seca da planta (produtividade primária) e o total de água de evapotranspiração, adaptado de Hatifield *et al.* (2001) (Equação 6).

$$EUA = \frac{MST}{AEV} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

EUA: eficiência do uso da água (g L^{-1}); MST: massa seca total (g) e AEV: água de evapotranspiração (L).

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o Teste F ($p < 0.05$). Quando houve efeito significativo para o fator quantitativo Concentrações, aplicou-se a análise de regressão ($p < 0.05$). Para o fator qualitativo Substratos, procedeu-se à comparação entre as médias utilizando o Teste de Tukey ($p < 0.05$). O *software* utilizado foi o SISVAR versão 5.8 (FERREIRA, 2011).

A Análise multivariada foi empregada para auxiliar na interpretação do grande conjunto de dados obtidos, por meio da Análise dos Componentes Principais ACP (*Principal Component Analysis - PCA*) que foi realizada com o objetivo de verificar quais as variáveis que se correlacionaram com os tratamentos propostos. Para a análise, foram considerados os dados médios de todas as variáveis agronômicas estudadas e suas relações. O *software* utilizado foi o *RStudio* versão 2021 (*R CORE TEAM*, 2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5, estão listados os valores de Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das mudas de maracujá amarelo aos 30, 45 e 60 DAS. Durante os 30 dias iniciais não houve aplicação das concentrações de AR, assim, foi avaliado o fator substrato de forma isolada. Com isso, aos 30 DAS verificou-se que o S_C apresentou maior média de emergência das plântulas de maracujá amarelo, com 83%, diferindo estatisticamente dos demais substratos, seguido pelo substrato $S_{50TS+50CCB}$, que apresentou média de 55% na análise, a menor média foi verificada no S_{100TS} com 10%.

Aos 45 DAS, não foi verificado efeito significativo para interação entre os fatores estudados (Concentrações x Substratos), além da Fonte de Variação Concentração, que não apresentou diferença estatística. Todavia, constatou-se que houve diferença significativa para a fonte de variação Substratos, dessa forma, analisando as médias de emergência para esse fator aos 45 DAS, constatou-se que o S_C e o $S_{50TS+50CCB}$ apresentaram maiores médias de plântulas emersas, com 86 e 73%, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si, enquanto que os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si com menores médias nessa avaliação.

Aos 60 DAS, a interação dos fatores (Concentrações x Substratos) também não apresentou efeito significativo, bem como a Fonte de Variação Concentração, que não apresentou diferença estatística, porém, o fator Substratos promoveu efeito na emergência das plantas. Dessa forma, observou-se que os S_C e o $S_{50TS+50CCB}$ possuíam 86 e 75% de plantas emersas, respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais substratos avaliados.

Relacionado ao IVE 30 DAS, o maior valor médio foi obtido no S_C , com 0,41, diferindo estatisticamente dos demais substratos, seguido dos $S_{50TS+50CCB}$ e $S_{70TS+30EB}$, com valores respectivos de 0,25 e 0,18, enquanto, os menores índices médios foram verificados nos $S_{70TS+30CCB}$ e S_{100TS} , com 0,10 e 0,04, respectivamente, sendo que estes não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Na análise do IVE aos 45 e 60 DAS, também não foi constatado efeito significativo na interação entre os fatores estudados, apenas o fator substratos proporcionou efeito no IVE. Assim, as maiores médias de IVE foram verificadas no S_C , com média de 0,42 aos 45 e 60 DAS.

Tabela 5 - Médias de Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das plântulas de *P. edulis* em função do tipo de substrato aos 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Emergência (%)			IVE		
	30 DAS	45 DAS	60 DAS	30 DAS	45 DAS	60 DAS
S _{70TS+30EB}	38 bc	45 b	48 b	0,18 bc	0,20 c	0,20 c
S _C	83 a	86 a	86 a	0,41 a	0,42 a	0,42 a
S _{100TS}	10 d	31 b	36 b	0,04 d	0,09 d	0,10 d
S _{70TS+30CCB}	24 cd	38 b	42 b	0,10 cd	0,13 cd	0,14 cd
S _{50TS+50CCB}	55 b	73 a	75 a	0,25 b	0,29 b	0,29 b
CV (%)	54,46	45,16	40,13	57,03	47,43	44,79

Em que, S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S₅: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

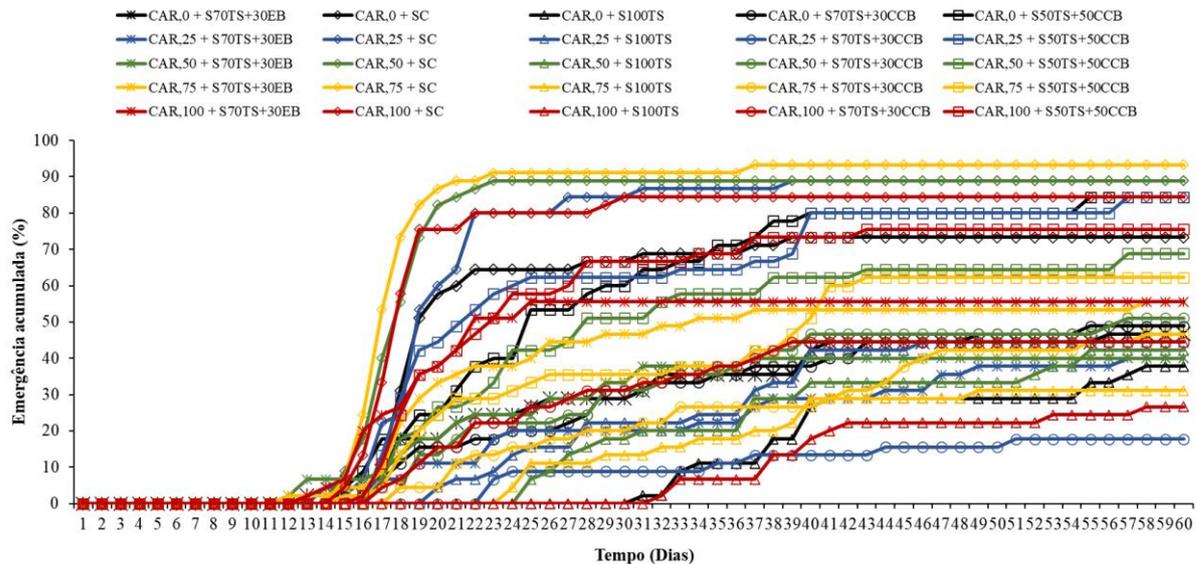
De forma geral, o S_C (substrato comercial) apresentou os maiores valores médios de emergência e IVE. Essa superioridade do S_C, possivelmente, se deve ao fato de que substratos comerciais, em sua maioria, possuem características físicas e químicas favoráveis para o desenvolvimento inicial de plantas (SILVA *et al.*, 2019). De acordo com Silva *et al.* (2008), para a formação de mudas, o substrato comercial proporciona o vigor e alta qualidade destas, corroborando com Silva *et al.* (2011), os quais indicam que, o nível de retenção do substrato comercial pode favorecer a emergência, e, conseqüentemente, o estabelecimento da plântula.

No entanto, ressalta-se que o S_{50TS+50CCB}, aos 45 (73%) e 60 (75%) DAS não apresentou diferença significativa na emergência em relação ao S_C (86%), além de ter expressado o segundo maior IVE aos 30, 45 e 60 DAS, indicando o efeito positivo da utilização da cama de *Compost Barn* para estabelecimento inicial das plântulas de maracujá amarelo, o que pode ter sido influenciado pela composição da cama, pois, a adição de adubos orgânicos pode melhorar as características químicas e físicas do solo, podendo influenciar as etapas fenológicas durante os ciclos de vida de diversas espécies de plantas, alterando a germinação de sementes e, conseqüentemente, a emergência (SANTOS *et al.*, 2022).

Em relação a outros trabalhos, Silva *et al.* (2021), analisando a produção de mudas da cultura do maracujá amarelo, propagadas por sementes em cultivo hidropônico e associadas a eficiência do uso de fósforo, obtiveram emergência de 55,83%. Enquanto Araujo *et al.* (2016), avaliando o desenvolvimento inicial de mudas de maracujazeiro amarelo, sob diferentes disponibilidades hídricas, obtiveram maior emergência de 80% das plântulas de maracujá amarelo entre 45 e 60% da capacidade de campo, sendo esses valores inferiores aos obtidos no S_C e, no caso do $S_{50TS+50CCB}$, inferior ou bem próximo ao verificado.

Considerando os dados levantados, registrou-se que nos tratamentos $C_{AR,50+ S_{70TS+30EB}}$ e $C_{AR,75+ S_{70TS+30EB}}$, a emergência das plântulas foi observada a partir do décimo segundo dia após a semeadura, enquanto que no $C_{AR,0+S_{70TS+30EB}}$ e $C_{AR,100+S_{70TS+30EB}}$ no décimo terceiro dia. Nos demais tratamentos, ela iniciou-se a partir do décimo quarto dia. Em termos de porcentagens acumuladas das plântulas durante o período amostral, foi possível verificar que aos 20 DAS, os tratamentos $C_{AR,75+S_C}$, $C_{AR,50+S_C}$ e $C_{AR,100+S_C}$ possuíam 87, 82 e 76% de seus indivíduos emersos, respectivamente. A partir desse ponto, os demais tratamentos apresentaram comportamento crescente em termos percentuais de acúmulo (Figura 4).

Figura 4 - Emergência acumulada (%) das plântulas de maracujá amarelo durante 60 dias submetidas a irrigação com diferentes concentrações de água residuária doméstica (AR) tratada em diferentes formulações de substratos.



Em que, $C_{AR,0}$: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; $C_{AR,25}$: 25% AR + 75% AA; $C_{AR,50}$: 50% AR + 50% AA; $C_{AR,75}$: 75% AR + 25% AA e $C_{AR,100}$: 100% AR; $S_{70TS+30EB}$: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C : substrato comercial, S_{100TS} : 100% TS, $S_{70TS+30CCB}$: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e $S_{50TS+50CCB}$: 50% TS + 50% CCB.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Dessa forma, observa-se que houve efeito positivo dos níveis de concentrações $C_{AR,50}$, $C_{AR,75}$ e $C_{AR,100}$ na porcentagem acumulada, resultando em maiores quantitativos de plântulas emersas acumuladas de maracujá amarelo quando produzidas no S_C durante o período experimental, com destaque para o tratamento formado pela associação $C_{AR,75}+S_C$ com maior quantidade de indivíduos acumulados nessa avaliação. Nesse sentido, Lucena *et al.* (2016) destacam a importância de estudos que considerem, entre vários fatores, o tipo de substrato e a água na emergência e fertilização com vistas à produção de mudas.

Houve efeito da interação concentrações de água residuária doméstica tratada (C) e substratos (S) para as variáveis: altura da parte aérea, diâmetro do coleto e número de folhas 60 dias após a semeadura (DAS), enquanto, para o comprimento radicular não houve efeito da interação entre os fatores estudados. Observou-se efeito isolado das concentrações para as

variáveis: altura da parte aérea e número de folhas. As variáveis diâmetro do coleto e comprimento radicular não foram afetadas isoladamente pelas concentrações. Os substratos influenciaram isoladamente nas variáveis: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, comprimento radicular e número de folhas (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo das análises de variâncias para as variáveis altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), comprimento radicular (CR) e número de folhas (NF) das mudas de maracujá amarelo em função da irrigação com concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) em diferentes formulações de substrato aos 60 dias após a semeadura (DAS).

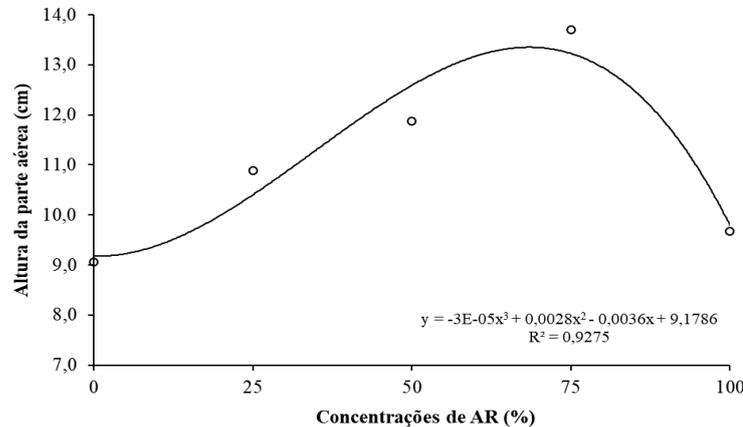
FV	GL	Valores do teste F			
		H	DC	CR	NF
C	4	3,256*	1,851 ^{ns}	1,826 ^{ns}	3,784**
S	4	221,755**	82,927**	26,143**	195,909**
C x S	16	2,601**	1,761*	1,562 ^{ns}	2,335**
Erro	100				
Total	124				
CV (%)		28,08	25,96	34,42	33,78

Em que, FV: Fonte de Variação, GL: Graus de Liberdade, CV: Coeficiente de Variação, C: Concentrações e S: Substratos. Não significativo (^{NS}), significativo a 1% (**) e significativo a 5% (*) pelo teste F.

Fonte: Acervo da pesquisa.

As concentrações de água residuária doméstica tratada promoveram efeito cúbico sobre a altura da parte aérea das mudas de maracujá amarelo produzidas no S_C, sendo que o aumento dos níveis de concentrações promoveu crescimento das plantas em termos de altura da parte aérea. A aplicação de C_{AR,100} causou decréscimo nessa avaliação (Figura 5). Todavia, não foi verificado efeito das concentrações sobre a altura da parte aérea das mudas de maracujá amarelo produzidas nos S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB}, com médias não diferindo significativamente entre si (Tabela 7).

Figura 5 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a altura da parte aérea (cm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com S_C (A) aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 7 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a altura da parte aérea (cm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	S _{70TS+30EB}	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	5,0 a	1,4 a	2,2 a	2,94 a
C _{AR,25}	3,4 a	2,0 a	2,1 a	3,20 a
C _{AR,50}	3,4 a	2,2 a	2,5 a	3,10 a
C _{AR,75}	5,1 a	2,3 a	2,3 a	2,88 a
C _{AR,100}	4,7 a	1,4 a	2,2 a	3,34 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Analisando o efeito dos substratos sobre a altura da parte aérea das mudas de maracujá amarelo em função das concentrações de AR, constatou-se que, o S_C promoveu as maiores médias nessa avaliação de crescimento, diferindo significativamente dos demais substratos em todos os níveis de concentração de AR, com destaque para a aplicação de C_{AR,75} (Tabela 8).

Tabela 8 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a altura da parte aérea (cm) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	5,0 b	3,4 b	3,4 b	5,1 b	4,7 b
S _C	9,1 a	10,9 a	11,9 a	13,7 a	9,7 a
S _{100TS}	1,4 c	2,0 b	2,2 b	2,3 c	1,4 c
S _{70TS+30CCB}	2,2 c	2,1 b	2,5 b	2,3 c	2,2 c
S _{50TS+50CCB}	2,9 bc	3,2 b	3,1 b	2,9 bc	3,3 bc

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

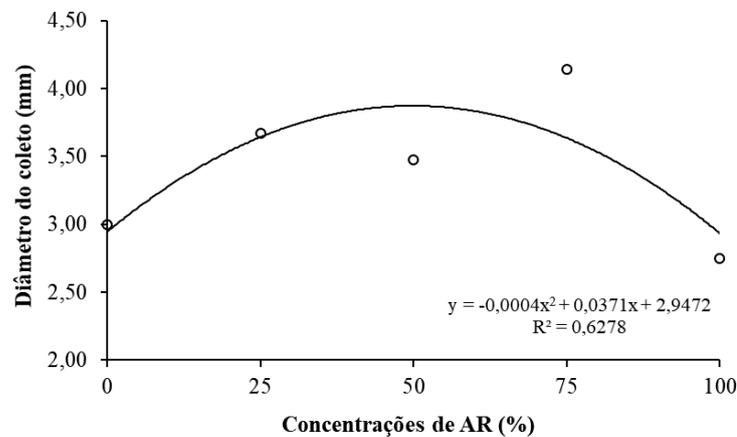
Em geral, a utilização do S_C associado à irrigação com as concentrações de AR proveram as maiores médias de altura da parte aérea das mudas de maracujá 60 DAS. O tratamento formado pela C_{AR,75}+S_C formou as maiores mudas da cultura nessa avaliação. Comparando as médias obtidas com outros trabalhos, as maiores médias da presente pesquisa são inferiores às obtidas por Costa *et al.* (2018), avaliando a qualidade de mudas de maracujá amarelo em diferentes combinações de substratos e ambientes de luz aos 50 DAS, que obtiveram os maiores valores de altura das mudas quando produzidas com os substratos A: 100% solo (19,40 cm) e C: 75% solo + 25% substrato comercial Vivatto Slim Plus® (21,25 cm).

No entanto, as médias são superiores ou semelhantes às encontradas pelos autores Silva *et al.* (2018), avaliando a qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo produzidas com substratos alternativos à base de material vegetal aos 60 DAS, que obtiveram para os substratos Golden (9,63 cm) e Ouricurí (13,99 cm). Enquanto Santos *et al.* (2017), avaliando a utilização de diferentes materiais refletivos em bancadas de cultivo para aproveitamento da luz no interior do ambiente protegido aos 50 DAS, obtiveram médias de altura variando entre 6,08 cm no tecido e 13,50 cm no espelho.

Ressalta-se a relevância da avaliação da altura da parte aérea das mudas de maracujá amarelo, pois, essa variável constitui-se como uma predição do crescimento inicial a nível de campo, constituindo-se, ainda, como uma importante ferramenta de medida do potencial de desempenho das mudas (GOMES *et al.*, 2013). Além disso, a altura é um dos fatores de elevada importância para determinação da qualidade de adubação (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

As concentrações de água residuária doméstica tratada promoveram efeito quadrático sobre o diâmetro do coleto das mudas de maracujá amarelo produzidas no S_C, sendo constatado maiores valores nessa avaliação com as aplicações de C_{AR,25}, C_{AR,50} e C_{AR,75}, e decréscimo com o uso de C_{AR,100} (Figura 6). As concentrações não provocaram efeito significativo sobre o diâmetro das mudas de maracujá amarelo produzidas nos S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB}, com médias não diferindo entre si na análise estatística (Tabela 9).

Figura 6 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o diâmetro do coleto (mm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 9 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o diâmetro do coleto (mm) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	S _{70TS+30EB}	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	2,17 a	1,14 a	1,27 a	1,51 a
C _{AR,25}	1,77 a	1,33 a	1,30 a	1,49 a
C _{AR,50}	1,44 a	1,43 a	1,49 a	1,44 a
C _{AR,75}	1,99 a	1,40 a	1,49 a	1,30 a
C _{AR,100}	1,85 a	1,30 a	1,13 a	1,49 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Em relação ao efeito dos substratos sobre o diâmetro do coleto das mudas de maracujá amarelo em função da aplicação das concentrações de AR, verificou-se que, o S_C contribuiu para o maior crescimento nessa avaliação, apresentando as maiores médias e diferindo significativamente dos demais substratos em todos os níveis de concentração de AR, sendo que a maior média foi constatada na aplicação de C_{AR,75} (4,14 mm) (Tabela 10).

Tabela 10 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para o diâmetro do coleto (mm) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	2,17 ab	1,77 b	1,44 b	1,99 b	1,85 b
S _C	3,00 a	3,67 a	3,47 a	4,14 a	2,75 a
S _{100TS}	1,14 c	1,33 b	1,43 b	1,40 b	1,30 b
S _{70TS+30CCB}	1,27 c	1,30 b	1,49 b	1,49 b	1,13 b
S _{50TS+50CCB}	1,51 bc	1,49 b	1,44 b	1,30 b	1,49 b

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100%

TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

A partir dos dados, é possível constatar o efeito das concentrações de AR para o maior desenvolvimento do caule das mudas de maracujá amarelo produzidas no S_C, sendo o tratamento composto pela associação dos níveis C_{AR,75}+S_C o que produziu maior diâmetro do coleto das mudas, com aumento de 38% em relação a C_{AR,0} (testemunha) que corresponde à irrigação com água de abastecimento.

Resultado semelhante foi observado por Medeiros *et al.* (2020) ao final do ciclo produtivo do girassol, sendo verificado por eles que a média do diâmetro do caule das plantas irrigadas com água residuária foi cerca de 12,40% superior em relação às irrigadas com água de poço, esses autores acrescentam que, a variável diâmetro do coleto é importante, uma vez que, quanto maior o diâmetro menor será a probabilidade de as plantas sofrerem tombamentos causados pela ação dos ventos. Além disso, o diâmetro do colo é um bom indicador da qualidade da muda, quanto maior o valor, maiores serão as chances de sobrevivência e crescimento da muda após o transplântio (MEDEIROS *et al.*, 2018).

Em comparação com outras pesquisas, o resultado desse tratamento se mostra superior, como listado a seguir: Silva *et al.* (2019), avaliando a emergência e o desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo em substratos com diferentes fontes de matéria orgânica, obtiveram aos 58 DAS, valores médios de diâmetro do coleto entre 2,49 mm para o substrato 100% solo e 3,35 mm para o substrato composto por 75% de solo + 25% de resíduo de torrefação de café + adubo químico, enquanto, Silva *et al.* (2018) obtiveram maior valor médio de 3,75 mm para ambos os substratos Casca de arroz carbonizada + mistura e Sumaúma + mistura aos 60 DAS, assim, a utilização das concentrações de AR para irrigação das mudas pode ter contribuído para obtenção da maior média de diâmetro das mudas obtida na presente pesquisa.

Considerando que o comprimento radicular sofreu efeito apenas do fator substratos, foi possível observar que o S_C promoveu maior crescimento radicular das mudas de maracujá amarelo 60 DAS, com média diferindo significativamente dos demais substratos. O S_{70TS+30EB}

expressou a segunda maior média nessa avaliação, enquanto, o menor quantitativo médio foi verificado no S_{50TS+50CCB} (Tabela 11).

Tabela 11 - Efeito isolado dos substratos sobre o comprimento radicular (cm) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Comprimento radicular (cm)
S _{70TS+30EB}	17,2 b
S _C	23,4 a
S _{100TS}	13,4 bc
S _{70TS+30CCB}	13,0 cd
S _{50TS+50CCB}	9,2 d

Em que, S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

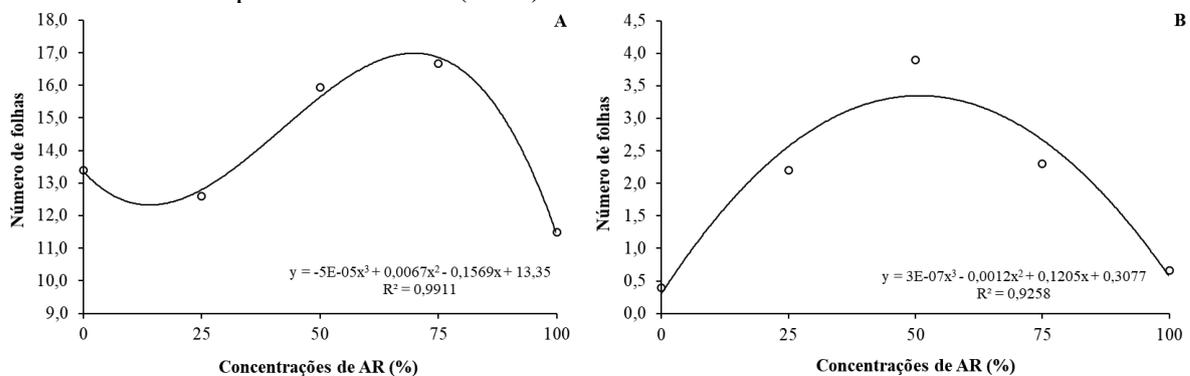
A ocorrência das maiores médias de comprimento radicular observadas na presente pesquisa, podem estar relacionadas às características apresentadas pelos substratos S_{70TS+30EB} e S_C, que, quando possuem quantidades de nutrientes adequadas e balanceadas, proporcionam um melhor desenvolvimento das raízes e maior capacidade de reter água. Isso resulta em maior translocação de assimilados para as raízes, resultando em um maior crescimento (CRUZ *et al.*, 2016). Nesse sentido, a utilização de substratos ricos em matéria orgânica na produção das mudas proporciona inúmeros benefícios, tais quais, a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do substrato (BARROS *et al.*, 2020).

Em comparação com outros trabalhos, os resultados mais expressivos obtidos nesta pesquisa são superiores ou próximos aos verificados por outros autores, a exemplo de Silva *et al.* (2017) avaliando o efeito do fósforo natural reativo em diferentes dosagens na produção de mudas na cultura do maracujá amarelo aos 90 DAS, que obtiveram as maiores médias de comprimento radicular para as doses de fósforo natural reativo 2,70 (21,64 cm); 3,14 (22,30 cm) e 3,60 (22,93 cm) kg recipiente⁻¹. Além de Ribeiro *et al.* (2018), com intuito de avaliar a produção de mudas da cultura em diferentes fontes e proporções de matéria orgânica 60 DAS,

obtiveram menor média de comprimento radicular na composição formada por solo + areia + esterco bovino (proporção 1:1:3), com 16,64 cm e maior na formulação composta por solo + areia + húmus (proporção 1:1:3) com 24,50 cm.

Em relação ao número de folhas, constatou-se efeito cúbico das concentrações de água residuária doméstica tratada nas mudas de maracujá amarelo produzidas no S_C , com crescimento nas concentrações $C_{AR,50}$ e $C_{AR,75}$, e decréscimo com a utilização de $C_{AR,100}$ (Figura 7A). Efeito quadrático foi verificado nas mudas produzidas no S_{100TS} , com maior média sendo expressa com aplicação de $C_{AR,50}$ (Figura 7B). No entanto, não foi observado efeito das concentrações sobre o número de folhas das mudas de maracujá amarelo produzidas nos $S_{70TS+30EB}$, $S_{70TS+30CCB}$ e $S_{50TS+50CCB}$, com médias não diferindo significativamente entre si (Tabela 12).

Figura 7 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o número de folhas das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C (A) e S_{100TS} (B) aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 12 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o número de folhas das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos		
	S _{70TS+30EB}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	5,7 a	2,2 a	3,2 a
C _{AR,25}	3,6 a	2,1 a	3,5 a
C _{AR,50}	3,8 a	2,2 a	3,3 a
C _{AR,75}	6,3 a	2,8 a	3,1 a
C _{AR,100}	5,4 a	2,7 a	3,0 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Analisando o efeito dos substratos sobre o número de folhas das mudas de maracujá amarelo em função da aplicação das concentrações de AR, verificou-se que, o S_C promoveu os maiores valores médios nessa avaliação, diferindo significativamente dos demais substratos em todos os níveis de concentração de AR, sendo que na concentração C_{AR,75}, houve maior incremento do número de folhas nas plantas produzidas 60 DAS (Tabela 13).

Tabela 13 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para o número de folhas das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	5,7 b	3,6 b	3,8 b	6,3 b	5,4 b
S _C	13,4 a	12,6 a	15,9 a	16,7 a	11,5 a
S _{100TS}	0,4 c	2,2 b	3,9 b	2,3 c	0,7 c
S _{70TS+30CCB}	2,2 c	2,1 b	2,2 b	2,8 c	2,7 bc
S _{50TS+50CCB}	3,2 bc	3,5 b	3,3 b	3,1 c	3,0 bc

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100%

TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Dessa forma, os dados indicam efeito dos níveis de concentrações de AR com a utilização do S_C no surgimento das folhas das mudas de maracujá amarelo. O tratamento composto pela associação dos níveis C_{AR,75}+S_C produziu a maior média de número de folhas das mudas do maracujazeiro amarelo 60 DAS.

Esse resultado pode estar associado às quantidades dos nutrientes nitrogênio (N), fosforo (P) e potássio (K) (Tabela 2) encontradas no S_C, que possibilitaram uma uniformidade maior no crescimento das plântulas com a quantidade de P associada à atividade do K e N. Esse quantitativo de P, também pode ter influenciado na expressão das menores médias observadas nos demais substratos nessa avaliação, pois, em pequenas quantidades, dificulta a eficiência de absorção de N e K, fato que também foi confirmado por Santos *et al.* (2022).

A média de maior destaque na presente pesquisa, mostra-se superior às obtidas por Ribeiro *et al.* (2018), com 13,5 aos 60 DAS, e Santos *et al.* (2017), com maiores médias de 11,08 aos 50 DAS e de 11,75 aos 70 DAS, evidenciando o efeito positivo do tratamento na qualidade produtiva das mudas de maracujá amarelo nessa análise.

Constatou-se efeito da interação concentrações de água residuária doméstica tratada (C) e substratos (S) para as variáveis: massa fresca da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz, bem como para o Índice de Qualidade de Dickson aos 60 DAS. Observou-se efeito isolado dos fatores concentrações e substratos para as variáveis: massa fresca da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz, como também para o Índice de Qualidade de Dickson (Tabela 14).

Tabela 14 - Resumo das análises de variâncias para as variáveis massa fresca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo em função da irrigação com concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) em diferentes formulações de substratos 60 dias após a semeadura (DAS).

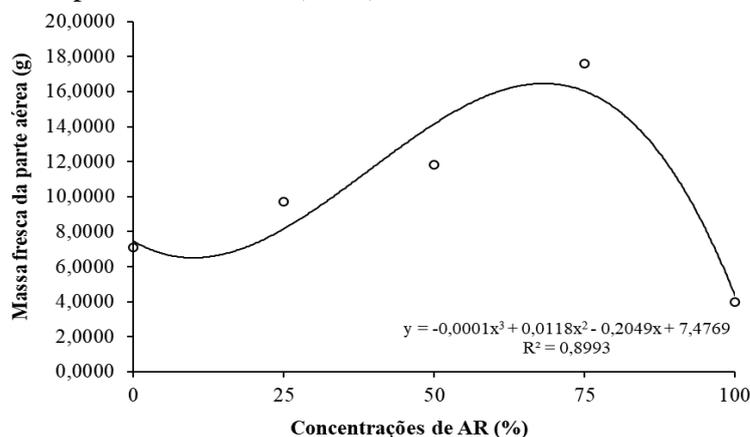
FV	GL	Valores do teste F				
		MSPA	MFR	MSPA	MSR	IQD
C	4	38,036**	34,812**	22,940**	19,927**	21,009**
S	4	565,606**	465,259**	374,494**	333,464**	329,517**
C x S	16	31,164**	28,907**	20,264**	14,811**	15,662**
Erro	100					
Total	124					
CV (%)		38,66	45,04	47,30	45,83	44,59

Em que, FV: Fonte de Variação, GL: Graus de Liberdade, CV: Coeficiente de Variação, C: Concentrações e S: Substratos. Não significativo (^{NS}), significativo a 1% (**) e significativo a 5% (*) pelo teste F.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Na avaliação da massa fresca da parte aérea, observou-se comportamento cúbico dos indivíduos produzidos no S_C, com incremento de massa fresca com a aplicação das concentrações C_{AR,25}, C_{AR,50} e C_{AR,75}, em seguida, houve declínio significativo na quantidade de massa fresca com o uso de C_{AR,100} (Figura 8). Ressalta-se que, as concentrações não promoveram efeito sobre a massa fresca da parte aérea das mudas de maracujá amarelo produzidas nos S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB}, com médias não diferindo significativamente entre si na análise estatística (Tabela 15).

Figura 8 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C (A) aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 15 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	S _{70TS+30EB}	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	1,6688 a	0,0368 a	0,1864 a	0,2754 a
C _{AR,25}	0,7178 a	0,0513 a	0,1377 a	0,2513 a
C _{AR,50}	0,6904 a	0,0924 a	0,1883 a	0,2328 a
C _{AR,75}	2,0130 a	0,1311 a	0,1821 a	0,4529 a
C _{AR,100}	0,9408 a	0,0161 a	0,1023 a	0,1977 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Verificou-se diferença significativa para o desdobramento substratos dentro das concentrações de água residuária doméstica tratada em todos os níveis para massa fresca da parte aérea. Houve incremento de massa fresca da parte aérea com a utilização do S_C e das concentrações C_{AR,25}, C_{AR,50}, C_{AR,75} e C_{AR,100}. A maior média de massa fresca da parte aérea foi

obtida no S_C com uso de C_{AR,75}, diferindo significativamente dos demais substratos 60 DAS (Tabela 16).

Tabela 16 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa fresca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	1,6688 b	0,7178 b	0,6904 b	2,0130 b	0,9408 b
S _C	7,0867 a	9,7172 a	11,8099 a	17,5896 a	3,9653 a
S _{100TS}	0,0368 c	0,0513 b	0,0924 b	0,1311 c	0,0161 b
S _{70TS+30CCB}	0,1864 bc	0,1377 b	0,1883 b	0,1821 c	0,1023 b
S _{50TS+50CCB}	0,2754 bc	0,2513 b	0,2328 b	0,4529 bc	0,1977 b

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Diante das informações, percebe-se que o tratamento C_{AR,75}+S_C proporcionou maior produção de massa fresca da parte aérea das mudas de maracujá amarelo 60 DAS, esse comportamento foi acompanhado pelas maiores médias expressadas pelas variáveis morfológicas altura da parte aérea, diâmetro do coleto e número de folhas dos indivíduos desse tratamento, contribuindo para obtenção de maior massa nessa avaliação.

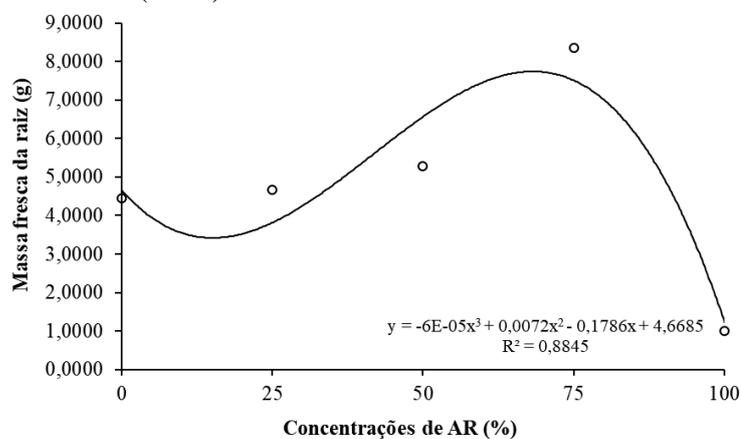
Em relação a outras pesquisas, os dados são superiores aos verificados por Silva *et al.* (2017) com maior média de massa fresca da parte aérea (0,76 g) na dose de 1,8 kg recipiente⁻¹ e Freitas *et al.* (2015) que obtiveram para o Latossolo Vermelho + lodo sob intensidade luminosa de 0,74 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a maior média de 3,2945 g. Essas informações indicam o efeito positivo do tratamento C_{AR,75}+S_C que resultou em maior incremento de massa fresca da parte aérea das mudas do maracujá amarelo.

Cabe destacar que a massa fresca da parte aérea é uma das principais variáveis a se avaliar, quando pretende-se trabalhar com espécies frutíferas, pois, o aumento da massa indica

acrécimos na taxa fotossintética e, conseqüentemente, da produção de assimilados pela planta, favorecendo o desempenho da muda quando transplantada para o campo (SARAIVA *et al.*, 2011).

Houve diferença significativa para o desdobramento concentrações de água residuária doméstica tratada dentro dos substratos apenas para o nível S_C na análise de massa fresca da raiz, com expressão de efeito cúbico, nesse substrato, as raízes das mudas de maracujá amarelo apresentaram aumento da massa com aplicação de C_{AR,50} e C_{AR,75}. A irrigação com C_{AR,100} provocou diminuição da massa fresca da raiz 60 DAS (Figura 9). Não foi verificado efeito significativo das concentrações dentro dos níveis de substratos S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} na análise de massa fresca da raiz das mudas de maracujá amarelo, sendo assim, as médias não apresentaram diferenças significativa entre si na análise estatística (Tabela 17).

Figura 9 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 17 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa fresca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	S _{70TS+30EB}	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	0,6818 a	0,0355 a	0,0655 a	0,0683 a
C _{AR,25}	0,3303 a	0,0306 a	0,0363 a	0,0374 a
C _{AR,50}	0,2037 a	0,1347 a	0,0833 a	0,0302 a
C _{AR,75}	0,6448 a	0,0363 a	0,0727 a	0,1089 a
C _{AR,100}	0,1363 a	0,0120 a	0,0554 a	0,0365 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Analisando o desdobramento dos substratos dentro das concentrações de água residuária doméstica tratada, houve diferença significativa em todos os níveis para massa fresca da raiz das mudas de maracujá amarelo. O uso do S_C e das concentrações C_{AR,25}, C_{AR,50} e C_{AR,75} resultou em maiores médias na avaliação, sendo a maior média observada com C_{AR,75}, diferindo significativamente dos demais substratos (Tabela 18).

Tabela 18 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa fresca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	0,6818 b	0,3303 b	0,2037 b	0,6448 b	0,1363 b
S _C	4,4558 a	4,6652 a	5,2932 a	8,3638 a	1,0107 a
S _{100TS}	0,0355 b	0,0306 b	0,1347 b	0,0363 b	0,0120 b
S _{70TS+30CCB}	0,0655 b	0,0363 b	0,0833 b	0,0727 b	0,0554 b
S _{50TS+50CCB}	0,0683 b	0,0374 b	0,0302 b	0,1089 b	0,0365 b

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

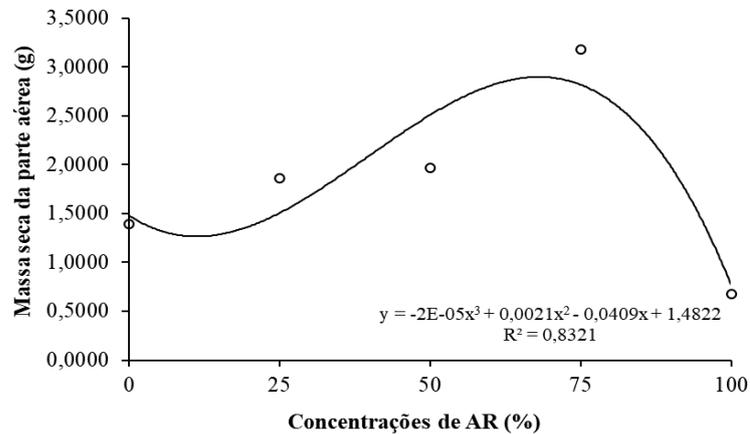
Fonte: Acervo da pesquisa.

A massa fresca da raiz acompanhou a massa fresca da parte aérea das mudas de maracujá amarelo 60 DAS, com tratamento $C_{AR,75}+S_C$ produzindo maior massa fresca na avaliação da raiz, o que também pode ser relacionado ao desempenho morfológico das mudas de maracujá produzidas nesse tratamento, situação também observada por Santos *et al.* (2022), que tiveram seus resultados mais expressivos nessa avaliação explicados pelo maior crescimento das mudas, o que contribuiu para o maior fornecimento de nutrientes, resultando em maior biomassa. Soma-se a isso, a utilização da concentração de AR, composto orgânico líquido que pode ter afetado no maior desenvolvimento dos indivíduos da cultura. Essa situação é confirmada por Azevedo *et al.* (2020), avaliando o maracujá amarelo, eles observaram que a aplicação de compostos orgânicos influenciou no desenvolvimento do sistema radicular das plantas e, consequentemente, no aumento das massas seca e fresca de raízes.

O resultado desse tratamento mais expressivo ($C_{AR,75}+S_C$) é superior aos obtidos pelos autores Freitas *et al.* (2015), que obtiveram para o Latossolo Vermelho + lodo sob intensidade luminosa de $0,74 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a maior média de 7,2942 g e Ribeiro *et al.* (2018), que observaram maior média de 6,93 g para o substrato composto por solo + areia + esterco bovino (proporção 1:1:2).

Em relação ao desdobramento das concentrações de água residuária doméstica tratada dentro dos substratos, apenas o nível S_C apresentou diferença significativa na avaliação da massa seca da parte aérea, sendo possível observar comportamento cúbico, com incremento de massa seca com a utilização de $C_{AR,50}$ e $C_{AR,75}$, e decréscimo com $C_{AR,100}$ (Figura 10). Não foi verificado efeito significativo das concentrações dentro dos níveis de substratos $S_{70TS+30EB}$, S_{100TS} , $S_{70TS+30CCB}$ e $S_{50TS+50CCB}$ na análise de massa seca da parte aérea das mudas de maracujá amarelo, dessa forma, as médias não diferiram significativamente entre si (Tabela 19).

Figura 10 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 19 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	S _{70TS+30EB}	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	0,3438 a	0,0051 a	0,0351 a	0,0404 a
C _{AR,25}	0,1858 a	0,0102 a	0,0231 a	0,0441 a
C _{AR,50}	0,1272 a	0,0120 a	0,0356 a	0,0384 a
C _{AR,75}	0,3079 a	0,0228 a	0,0363 a	0,0698 a
C _{AR,100}	0,1896 a	0,0061 a	0,0236 a	0,0354 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

No que tange ao desdobramento dos substratos dentro das concentrações de água residuária doméstica tratada, houve diferença significativa em todos os níveis para massa seca da parte aérea das mudas de maracujá amarelo 60 DAS. O S_C contribuiu para obtenção das maiores médias em todas as concentrações utilizadas, com destaque para a aplicação C_{AR,75},

que apresentou maior média de massa seca da parte aérea e diferiu significativamente dos demais substratos avaliados (Tabela 20).

Tabela 20 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa seca da parte aérea (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	0,3438 b	0,1858 b	0,1272 b	0,3079 b	0,1896 b
S _C	1,3925 a	1,8646 a	1,9693 a	3,1766 a	0,6757 a
S _{100TS}	0,0051 b	0,0102 b	0,0120 b	0,0228 b	0,0061 b
S _{70TS+30CCB}	0,0351 b	0,0231 b	0,0356 b	0,0363 b	0,0236 b
S _{50TS+50CCB}	0,0404 b	0,0441 b	0,0384 b	0,0698 b	0,0354 b

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

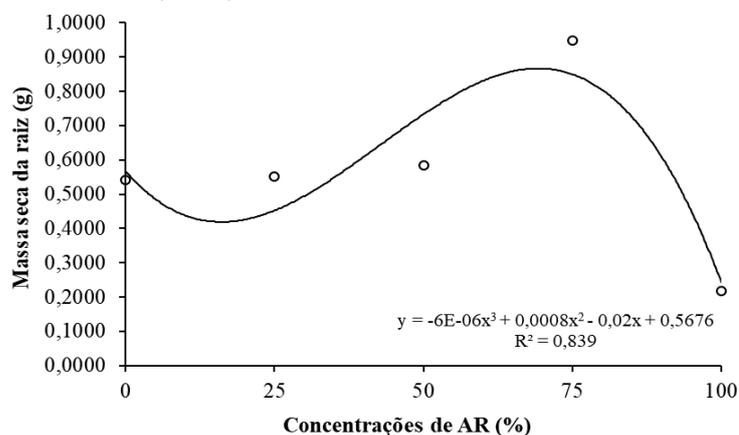
A maior quantidade de massa seca da parte aérea expressa pelo tratamento C_{AR,75}+S_C pode estar relacionado à característica do substrato, que possui em sua composição maior quantitativo de P (Tabela 2), o que possibilita maior fixação de nitrogênio. De acordo com Taiz e Zaiger (2017), uma boa disponibilidade de fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido e, conseqüentemente, melhora a formação de açúcares, elevando a quantidade de massa fresca e seca nas plantas, comportamento que também foi observado por Santos *et al.* (2022).

Outro fator que pode ter influenciado é a concentração de AR utilizada (C_{AR,75}) na irrigação das mudas desse tratamento, que pode ter causado efeito positivo, incorporando nutrientes ao substrato. Exemplo semelhante foi expresso por Santos *et al.* (2018), eles verificaram que a utilização de concentrações de água residuária de laticínio promoveram aumento da massa seca da parte aérea do mamoeiro no substrato comercial.

Ressalta-se ainda que, a média expressa nesse tratamento de maior destaque, foi superior a verificada por Silva *et al.* (2018), que expressaram maior média de 1,50 g para o substrato Casca de arroz carbonizada (CAC) + mistura, como também, por Costa *et al.* (2018) avaliando a qualidade de mudas de maracujá amarelo em diferentes combinações de substratos e ambientes de luz, eles verificaram na malha vermelha que o substrato C: 5% solo + 25% substrato comercial Vivatto Slim Plus® apresentou maior valor de massa seca da parte aérea, com 2,18 g, enquanto Silva *et al.* (2021), analisando a produção de mudas da cultura propagadas por sementes em cultivo hidropônico e associadas à eficiência do uso de fósforo, obtiveram a máxima produção de massa seca da parte aérea de 6,16g a partir da equação de regressão quadrática nas dose de 0,924 mmol.L⁻¹.

No que se refere ao desdobramento das concentrações de água residuária doméstica tratada dentro dos substratos, apenas o nível S_C apresentou diferença significativa na avaliação da massa seca da raiz, sendo constatado efeito cúbico, com crescimento nessa avaliação a partir da aplicação de C_{AR,50} e C_{AR,75}, e declínio brusco na média com uso de C_{AR,100} (Figura 11). Ressalta-se que, para análise das concentrações dentro dos níveis de substratos S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} não houve efeito significativo, assim, as médias de massa seca da raiz das mudas de maracujá amarelo não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 21).

Figura 11 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 21 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a massa seca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	S _{70TS+30EB}	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	0,1273 a	0,0069 a	0,0170 a	0,0171 a
C _{AR,25}	0,0786 a	0,0149 a	0,0158 a	0,0245 a
C _{AR,50}	0,0575 a	0,0202 a	0,0225 a	0,0177 a
C _{AR,75}	0,1351 a	0,0145 a	0,0248 a	0,0348 a
C _{AR,100}	0,0679 a	0,0090 a	0,0136 a	0,0221 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Em se tratando do desdobramento dos substratos dentro das concentrações de água residuária doméstica tratada, verificou-se diferença significativa em todos os níveis para variável massa seca da raiz das mudas de maracujá amarelo 60 DAS. O S_C promoveu as maiores médias em todas as concentrações utilizadas, com ênfase para a aplicação C_{AR,75}, que resultou

na maior média de massa seca da raiz e diferiu significativamente dos demais substratos avaliados (Tabela 22).

Tabela 22 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a massa seca da raiz (g) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	0,1273 b	0,0786 b	0,0575 b	0,1351 b	0,0679 b
S _C	0,5427 a	0,5520 a	0,5840 a	0,9492 a	0,2185 a
S _{100TS}	0,0069 c	0,0149 b	0,0202 b	0,0145 c	0,0090 b
S _{70TS+30CCB}	0,0170 bc	0,0158 b	0,0225 b	0,0248 bc	0,0136 b
S _{50TS+50CCB}	0,0171 bc	0,0245 b	0,0177 b	0,0348 bc	0,0221 b

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

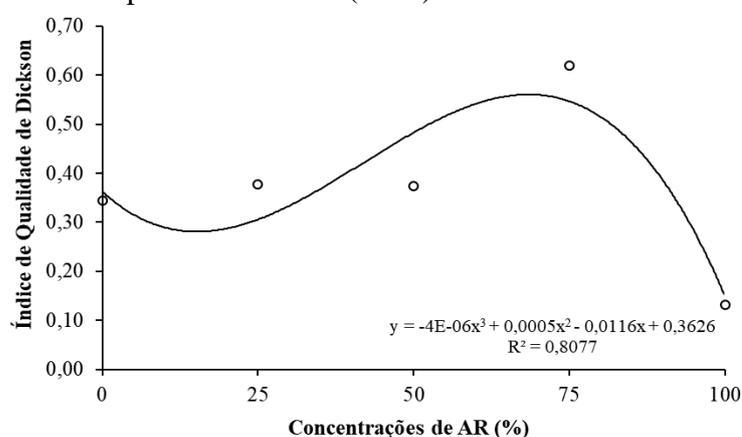
Fonte: Acervo da pesquisa.

Assim, como foi observado para massa seca da parte aérea, o tratamento C_{AR,75}+S_C apresentou maior produção de massa seca da raiz das mudas de maracujá amarelo. Em relação a outros trabalhos, a média desse tratamento é superior à observada por Silva *et al.* (2018), de 0,51 g para o substrato Casca de arroz carbonizada (CAC) + mistura, no entanto, é inferior à encontrada por Silva *et al.* (2021) analisando a produção de mudas da cultura propagadas por sementes em cultivo hidropônico e associadas à eficiência do uso de fósforo que obtiveram média de massa seca da raiz de 2,33 g a partir da equação de regressão quadrática na dose de 0,766 mmol.L⁻¹ e Freitas *et al.* (2015), que constataram, para o Latossolo Vermelho + lodo sob intensidade luminosa de 0,74 μmol m⁻² s⁻¹, a maior média, de 1,6382 g. Essa diferença pode estar relacionada à aplicação a dose de fósforo e à intensidade de luz aplicados nessas duas últimas pesquisas, causando maior incremento de massa seca da raiz dos indivíduos da cultura.

Na avaliação do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), observou-se para o desdobramento das concentrações de água residuária doméstica tratada dentro dos substratos,

que o S_C apresentou diferença significativa, promovendo efeito cúbico, resultando em mudas de maior qualidade quando produzidas com a irrigação $C_{AR,75}$ (0,62) (Figura 12). No entanto, para as concentrações dentro dos níveis $S_{70TS+30EB}$, S_{100TS} , $S_{70TS+30CCB}$ e $S_{50TS+50CCB}$ não houve efeito significativo, dessa forma, as médias não diferiram significativamente entre si (Tabela 23).

Figura 12 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 23 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o $S_{70TS+30EB}$, S_{100TS} , $S_{70TS+30CCB}$ e $S_{50TS+50CCB}$ aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	$S_{70TS+30EB}$	S_{100TS}	$S_{70TS+30CCB}$	$S_{50TS+50CCB}$
$C_{AR,0}$	0,09 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a
$C_{AR,25}$	0,06 a	0,01 a	0,01 a	0,02 a
$C_{AR,50}$	0,04 a	0,01 a	0,02 a	0,01 a
$C_{AR,75}$	0,09 a	0,01 a	0,02 a	0,02 a
$C_{AR,100}$	0,05 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a

Em que, $C_{AR,0}$: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; $C_{AR,25}$: 25% AR + 75% AA; $C_{AR,50}$: 50% AR + 50% AA; $C_{AR,75}$: 75% AR + 25% AA e $C_{AR,100}$: 100% AR; $S_{70TS+30EB}$: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_{100TS} : 100% TS, $S_{70TS+30CCB}$: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e $S_{50TS+50CCB}$: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Para o desdobramento dos substratos dentro das concentrações na avaliação do índice de qualidade de Dickson das mudas de maracujá amarelo 60 DAS, foi constatada diferença significativa em todos os níveis analisados. As mudas de maior qualidade nessa avaliação foram obtidas com a utilização do S_c em todos os níveis de concentrações avaliados, com ênfase para o tratamento $C_{AR,75}+S_c$ (0,62), que apresentou maior índice médio, além de diferir significativamente dos demais substratos utilizados (Tabela 24).

Tabela 24 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	$C_{AR,0}$	$C_{AR,25}$	$C_{AR,50}$	$C_{AR,75}$	$C_{AR,100}$
$S_{70TS+30EB}$	0,09 b	0,06 b	0,04 b	0,09 b	0,05 b
S_c	0,34 a	0,38 a	0,37 a	0,62 a	0,13 a
S_{100TS}	0,01 c	0,01 b	0,01 b	0,01 c	0,01 b
$S_{70TS+30CCB}$	0,01 c	0,01 b	0,02 b	0,02 bc	0,01 b
$S_{50TS+50CCB}$	0,01 c	0,02 b	0,01 b	0,02 bc	0,01 b

Em que, $C_{AR,0}$: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; $C_{AR,25}$: 25% AR + 75% AA; $C_{AR,50}$: 50% AR + 50% AA; $C_{AR,75}$: 75% AR + 25% AA e $C_{AR,100}$: 100% AR; $S_{70TS+30EB}$: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_c : substrato comercial, S_{100TS} : 100% TS, $S_{70TS+30CCB}$: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e $S_{50TS+50CCB}$: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Os resultados indicam que a produção de mudas de maracujá amarelo com a utilização da água residuária doméstica tratada na $C_{AR,75}$ se apresenta como alternativa sustentável para irrigação das mudas produzidas no substrato comercial, correspondendo ao tratamento $C_{AR,75}+S_c$, obtendo nesse, plantas com maior vigor produtivo.

O resultado verificado nesse tratamento, é superior aos obtidos por Silva *et al.* (2018), analisando a qualidade das mudas produzidas com substratos alternativos, que encontraram valores de IQD entre 0,4 a 0,20, como também, Costa *et al.* (2018), que avaliando diferentes substratos e ambientes na produção de mudas da cultura em sacos de polietileno, obtiveram

valores de IQD máximo de 0,24. O IQD é considerado um importante indicador na avaliação das mudas por considerar as características biométricas da planta (SILVA *et al.*, 2021), refletindo em maior taxa de sobrevivência dos indivíduos no campo, bem como maior produtividade (SANTOS *et al.*, 2017).

Foi observado efeito significativo da interação entre os fatores estudados para as variáveis área foliar e eficiência do uso da água, no entanto, não foi verificado efeito da interação para o índice de clorofila e razão da área foliar. O fator concentrações promoveu efeito isolado nas variáveis índice de clorofila, área foliar e eficiência do uso da água. A variável razão área foliar não foi influenciada isoladamente pelas concentrações. Os substratos causaram efeito isolado no índice de clorofila, área foliar, razão área foliar e eficiência do uso da água (Tabela 25).

Tabela 25 - Resumo das análises de variâncias para as variáveis índice de clorofila (IC), área foliar (AF), razão área foliar (RAF) e eficiência do uso da água (EUA) das mudas de maracujá amarelo em função da irrigação com concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) em diferentes formulações de substratos 60 dias após a semeadura (DAS).

FV	GL	Valores do teste F			
		IC	AF	RAF	EUA
C	4	5,060**	6,793**	1,481 ^{ns}	20,837**
S	4	53,182**	216,429**	10,433**	315,877**
C x S	16	0,913 ^{ns}	5,158**	0,653 ^{ns}	16,603**
Erro	100				
Total	124				
CV (%)		47,23	46,50	71,04	46,74

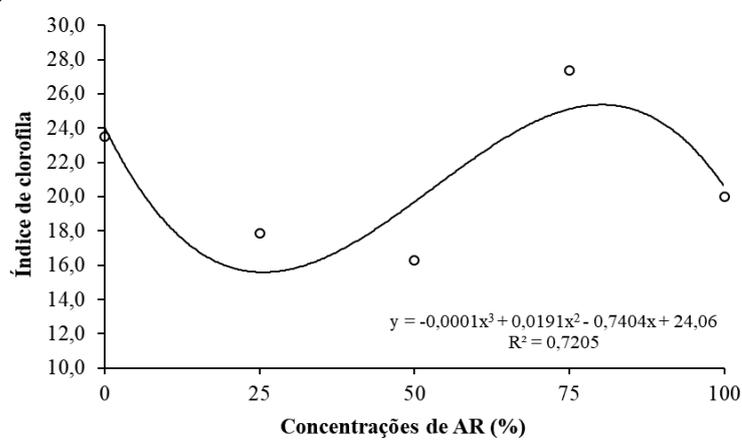
Em que, FV: Fonte de Variação, GL: Graus de Liberdade, CV: Coeficiente de Variação, C: Concentrações e S: Substratos. Não significativo (^{NS}), significativo a 1% (**) e significativo a 5% (*) pelo teste F.

Fonte: Acervo da pesquisa.

O índice de clorofila não sofreu efeito da interação entre os fatores concentrações e substratos, sendo que os fatores promoveram efeito de forma isolada na avaliação dessa variável. Assim, na análise do fator concentrações, verificou-se efeito cúbico, com aumento do índice de

clorofila com aplicação de $C_{AR,75}$ (Figura 13). Enquanto na avaliação do fator substratos, o $S_{70TS+30EB}$ e S_C apresentaram as maiores médias nessa avaliação, não diferindo significativamente entre si e diferindo dos demais substratos na análise estatística (Tabela 26).

Figura 13 - Efeito isolado das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre o índice de clorofila das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 26 - Efeito isolado dos substratos sobre o índice de clorofila das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Índice de clorofila
$S_{70TS+30EB}$	33,1 a
S_C	38,3 a
S_{100TS}	2,9 c
$S_{70TS+30CCB}$	16,1 b
$S_{50TS+50CCB}$	14,7 b

Em que, $S_{70TS+30EB}$: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C : substrato comercial, S_{100TS} : 100% TS, $S_{70TS+30CCB}$: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e $S_{50TS+50CCB}$: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

A utilização da $C_{AR,75}$ promoveu incremento do índice de clorofila das mudas de maracujá amarelo, possivelmente, devido ao fornecimento de nutrientes ao substratos por essa concentração, além disso, as mudas produzidas nos substratos $S_{70TS+30EB}$ e S_C apresentaram

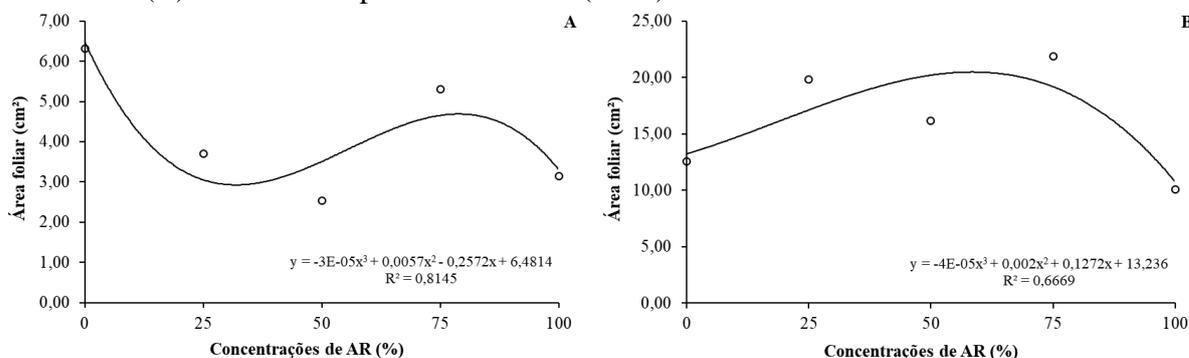
maiores médias de índice de clorofila, com destaque para o S_C, o que pode estar relacionado à maior concentração de Mg e N presentes na sua composição (Tabela 2), o que se refletiu no teor de clorofila, considerando que o N e o Mg são os nutrientes que constituem a molécula de clorofila presentes nas folhas, contribuindo para pigmentação esverdeada das plantas.

Miyake *et al.* (2017) também verificaram esse comportamento ao estudarem o efeito de diferentes tipos de substratos comerciais e de doses de nitrogênio no desenvolvimento de mudas da cultura, observando para o substrato Bioplant® o maior índice de clorofila (40) na dose 600 mg dm⁻³ N. Sendo o valor obtido na presente pesquisa próximo aos destes autores e superior aos observados por Santos *et al.* (2017), que obtiveram valores médios de índice de clorofila aos 50 DAS (22,28) e aos 70 DAS (24,02), em bancada metálica coberta com espelho.

O índice de clorofila (SPAD) é utilizado para o diagnóstico do estado de nitrogênio das culturas, elemento associado à produtividade vegetal (PORTO *et al.*, 2014). A elevação na concentração de clorofila irá refletir em um maior crescimento vegetal (CAVICHOLI *et al.*, 2021). Dessa forma, quanto maior o índice de clorofila, potencialmente, mais nitrogênio as plantas possuem em sua composição, resultando em mudas de maracujá amarelo com maior qualidade.

Na avaliação da área foliar, observou-se efeito cúbico para o desdobramento das concentrações de água residuária doméstica tratada dentro dos substratos nos indivíduos produzidos no S_{70TS+30EB}, com diminuição e oscilações nos valores de área foliar com a utilização das concentrações de AR (Figura 14A). Para as mudas produzidas no S_C, a interação causou efeito cúbico, com crescimento de área foliar sendo observado a partir da irrigação com C_{AR,25}, C_{AR,50} e C_{AR,75}, e declínio com C_{AR,100} (Figura 14B). O fator concentrações não causou efeito significativo sobre a área foliar das mudas de maracujá amarelo produzidas nos S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB}, nesses substratos as médias não diferiram significativamente entre si (Tabela 27).

Figura 14 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a área foliar (cm²) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{70TS+30EB} (A) e S_C (B) aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 27 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a área foliar (cm²) das mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos		
	S _{100TS}	S _{70TS+30CCB}	S _{50TS+50CCB}
C _{AR,0}	0,32 a	1,26 a	1,58 a
C _{AR,25}	0,46 a	0,84 a	1,70 a
C _{AR,50}	0,36 a	1,30 a	1,52 a
C _{AR,75}	1,16 a	1,50 a	1,98 a
C _{AR,100}	0,12 a	1,10 a	2,02 a

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Relacionado ao desdobramento dos substratos dentro das concentrações na avaliação da área foliar das mudas de maracujá amarelo 60 DAS, observou-se diferença significativa em todos os níveis avaliados. As mudas que apresentaram maior área foliar foram as produzidas com a utilização do S_C em todos os níveis de concentrações, sendo a maior média obtida na irrigação com C_{AR,75}, além do valor obtido diferir significativamente dos demais substratos analisados (Tabela 28).

Tabela 28 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a área foliar (cm²) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	C _{AR,0}	C _{AR,25}	C _{AR,50}	C _{AR,75}	C _{AR,100}
S _{70TS+30EB}	6,32 b	3,7 b	2,54 b	5,3 b	3,14 b
S _C	12,56 a	19,82 a	16,14 a	21,88 a	10,08 a
S _{100TS}	0,32 c	0,46 b	0,36 b	1,16 c	0,12 b
S _{70TS+30CCB}	1,26 c	0,84 b	1,30 b	1,50 bc	1,10 b
S _{50TS+50CCB}	1,58 c	1,70 b	1,52 b	1,98 bc	2,02 b

Em que, C_{AR,0}: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; C_{AR,25}: 25% AR + 75% AA; C_{AR,50}: 50% AR + 50% AA; C_{AR,75}: 75% AR + 25% AA e C_{AR,100}: 100% AR; S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

O tratamento C_{AR,75}+S_C proporcionou maior incremento de área foliar das mudas de maracujá amarelo, o que pode ser associado à maior quantidade de nitrogênio presente no S_C (Tabela 2), isso também foi observado por Almeida *et al.* (2012) com resultados semelhantes com a cultura nessa avaliação. Eles obtiveram para as concentrações de 75 e 100% de água residuária doméstica as maiores médias, com 25,03 e 24,98 cm², respectivamente.

Destaca-se a importância da análise da área foliar para a cultura do maracujazeiro, pois a variável afeta não somente as taxas de fotossíntese e transpiração, mas também a taxa de crescimento, qualidade e produção de frutos (MORGADO *et al.*, 2013), além de exercer papel relevante na determinação da quantidade de luz que a muda intercepta, na fixação de carbono e na perda de água (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Sendo assim, quanto maior a área foliar, maior será a capacidade de absorção de luz, acarretando em maior produtividade pelas plantas.

A variável razão área foliar das mudas de maracujá amarelo 60 DAS sofreu efeito apenas do fator substratos, dessa forma, constatou-se que o S_{50TS+50CCB} proporcionou maior média nessa avaliação, com média diferindo significativamente dos demais substratos, enquanto, o menor quantitativo médio foi obtido no S_C (Tabela 29).

Tabela 29 - Efeito isolado dos substratos sobre a razão área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) das mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Razão área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)
S _{70TS+30EB}	26,44 bc
S _C	10,58 c
S _{100TS}	25,11 bc
S _{70TS+30CCB}	37,52 ab
S _{50TS+50CCB}	45,69 a

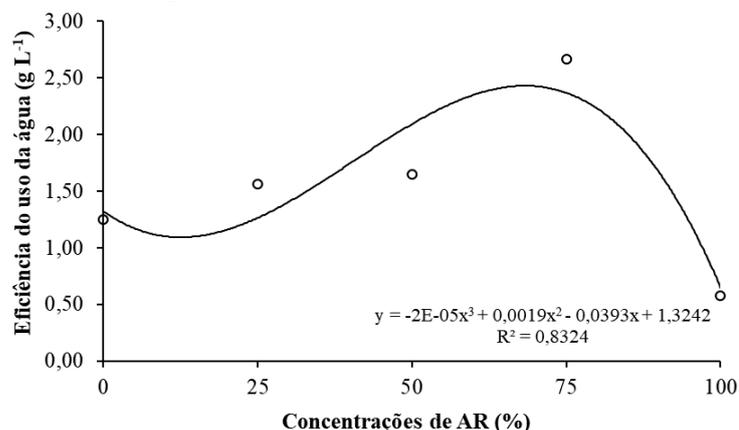
Em que, S_{70TS+30EB}: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_C: substrato comercial, S_{100TS}: 100% TS, S_{70TS+30CCB}: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S_{50TS+50CCB}: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Essa menor média apresentada pelo S_C, pode estar relacionada ao maior número de folhas das mudas de maracujá amarelo produzidas nesse substrato, resultado também obtido por Gonçalves *et al.* (2018). A razão de área foliar expressa a área foliar usada pela planta para produção de uma grama de matéria seca, de modo que com o crescimento da planta ocorre diminuição dos valores, devido ao aumento do sombreamento, o que afeta a área foliar útil para a fotossíntese (BENICASA, 2003).

No que se refere à eficiência do uso da água para produção das mudas de maracujá amarelo 60 DAS, observou-se para o desdobramento das concentrações de água residuária doméstica tratada dentro dos substratos, que o S_C apresentou diferença significativa, causando efeito cúbico, com maior eficiência do uso da água obtida na irrigação com C_{AR,75}, pois, nesse nível de concentração, as plantas produziram mais massa seca por volume de água consumido, enquanto, a menor eficiência foi constatada na irrigação com C_{AR,100}, devido as mudas produzidas apresentarem menor massa seca por volume de água (Figura 15). Na análise das concentrações dentro dos níveis S_{70TS+30EB}, S_{100TS}, S_{70TS+30CCB} e S_{50TS+50CCB} não ocorreu efeito significativo, com médias não diferindo significativamente entre si (Tabela 30).

Figura 15 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a eficiência do uso da água (g L^{-1}) nas mudas de maracujá amarelo produzidas com o S_C aos 60 dias após a semeadura (DAS).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 30 - Efeito das concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) sobre a eficiência do uso da água (g L^{-1}) nas mudas de maracujá amarelo produzidas com o $S_{70TS+30EB}$, S_{100TS} , $S_{70TS+30CCB}$ e $S_{50TS+50CCB}$ aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Concentrações de AR (%)	Substratos			
	$S_{70TS+30EB}$	S_{100TS}	$S_{70TS+30CCB}$	$S_{50TS+50CCB}$
$C_{AR,0}$	0,41 a	0,01 a	0,05 a	0,05 a
$C_{AR,25}$	0,23 a	0,02 a	0,04 a	0,07 a
$C_{AR,50}$	0,16 a	0,03 a	0,05 a	0,05 a
$C_{AR,75}$	0,39 a	0,03 a	0,06 a	0,10 a
$C_{AR,100}$	0,23 a	0,01 a	0,03 a	0,05 a

Em que, $C_{AR,0}$: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; $C_{AR,25}$: 25% AR + 75% AA; $C_{AR,50}$: 50% AR + 50% AA; $C_{AR,75}$: 75% AR + 25% AA e $C_{AR,100}$: 100% AR; $S_{70TS+30EB}$: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S_{100TS} : 100% TS, $S_{70TS+30CCB}$: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e $S_{50TS+50CCB}$: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

Analisando o desdobramento dos substratos dentro das concentrações na avaliação da eficiência do uso da água para produção das mudas de maracujá amarelo 60 DAS, observou-se diferença significativa em todos os níveis avaliados. A maior eficiência do uso de água foi observada nas mudas produzidas no S_C em todos os níveis de concentrações, sendo a maior

média obtida na irrigação com $C_{AR,75}$, nesse nível, a média diferiu de forma significativa dos demais substratos (Tabela 31).

Tabela 31 - Efeito dos substratos dentro de cada nível de concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) para a eficiência do uso da água ($g L^{-1}$) nas mudas de maracujá amarelo aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Substratos	Concentrações de AR (%)				
	$C_{AR,0}$	$C_{AR,25}$	$C_{AR,50}$	$C_{AR,75}$	$C_{AR,100}$
$S_{70TS+30EB}$	0,41 b	0,23 b	0,16 b	0,39 b	0,23 b
Sc	1,25 a	1,56 a	1,65 a	2,67 a	0,58 a
S_{100TS}	0,01 c	0,02 b	0,03 b	0,03 c	0,01 b
$S_{70TS+30CCB}$	0,05 c	0,04 b	0,05 b	0,06 c	0,03 b
$S_{50TS+50CCB}$	0,05 c	0,07 b	0,05 b	0,10 bc	0,05 b

Em que, $C_{AR,0}$: 0% água residuária = AR, correspondendo a 100% água de abastecimento = AA; $C_{AR,25}$: 25% AR + 75% AA; $C_{AR,50}$: 50% AR + 50% AA; $C_{AR,75}$: 75% AR + 25% AA e $C_{AR,100}$: 100% AR; $S_{70TS+30EB}$: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), Sc: substrato comercial, S_{100TS} : 100% TS, $S_{70TS+30CCB}$: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e $S_{50TS+50CCB}$: 50% TS + 50% CCB. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

O tratamento $C_{AR,75}+Sc$ proporcionou maior eficiência de uso da água, esse comportamento pode ser relacionado com o desenvolvimento das mudas produzidas pelo tratamento, pois nele, os indivíduos apresentaram maiores médias para as variáveis de crescimento avaliadas, influenciando a produção de massa seca total das plantas. Comportamento semelhante foi mencionado por Souza *et al.* (2018), que destacam para a espécie *Eucalyptus urograndis*, que a alta área foliar, e as intensas ramificações da parte aérea observadas podem ser apresentadas como razões para o valor de EUA apresentado.

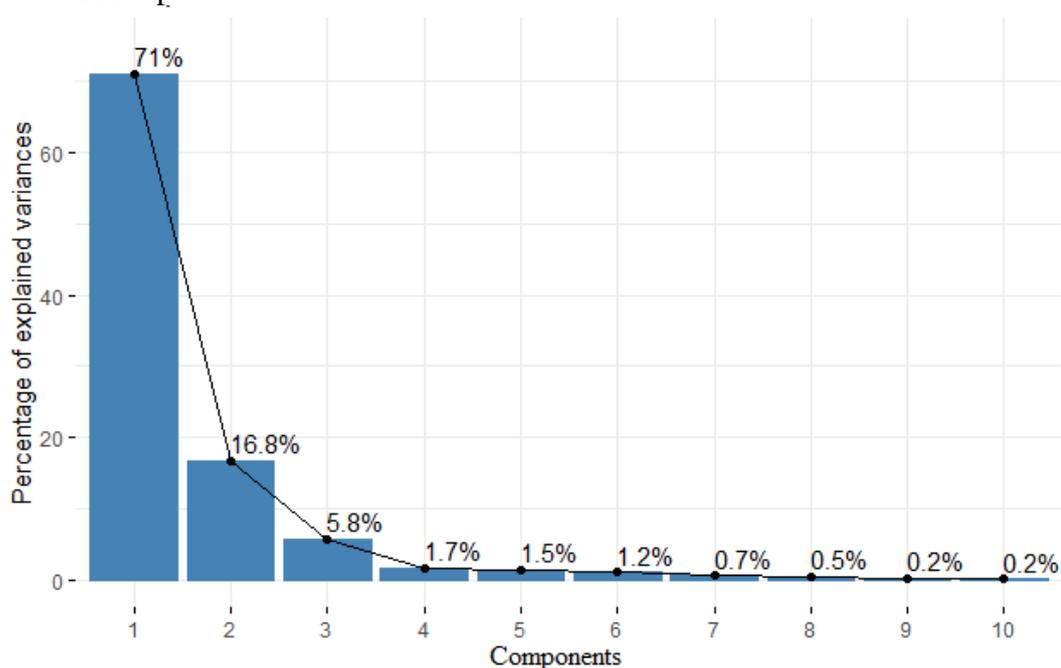
O menor valor observado no S_{100TS} pode estar associado com a sua característica, pois conforme a Tabela 1, o solo é argiloso, possuindo maior capacidade de retenção de água, resultando em maior peso do mesmo, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento das mudas nesse tipo de substrato e, conseqüentemente, a eficiência do uso da água.

Ressalta-se que, estudos que envolvam a eficiência de uso da água na produção de mudas de qualquer espécie são escassos, afirmação confirmada por Bezerra *et al.* (2019). Esses

autores obtiveram, para a cultura do alface, valores médios de EUA, nas tensões de 4,0 (sensor de substrato), e 3,5 kPa (sensor atmosférico), de 1,86 g L⁻¹ e 1,37 g L⁻¹, respectivamente, sendo esses resultados inferiores ao obtido no tratamento C_{AR,75}+S_C para cultura do maracujá amarelo, no presente estudo.

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada com base na matriz de dados constituída de 19 variáveis. Quanto ao percentual de variância explicada pelas componentes principais, verifica-se que os dois primeiros componentes principais são responsáveis por 87,8% da variabilidade original, sendo que as componentes 1 e 2 retêm 71 e 16,8%, respectivamente (Figura 16).

Figura 16 - Percentual de Variância Total explicada por cada um dos 10 primeiros Componentes Principais.

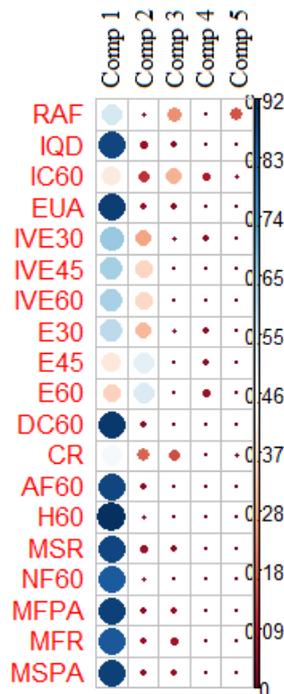


Fonte: Acervo da pesquisa.

A grande parte das variáveis agrônômicas avaliadas contribuíram para o primeiro componente principal, com obtenção dos maiores valores representados por esferas maiores,

com cores em tons de azul, assim, puderam caracterizar melhor as mudas de maracujá amarelo produzidas. O segundo componente principal que teve o maior peso na análise, foi melhor caracterizado pelas pontuações que corresponderam a análise da emergência aos 45 e 60 DAS (Figura 17).

Figura 17 - Contribuição das variáveis agrônômicas avaliadas para o percentual de Variância Total explicada por cada um dos 5 primeiros Componentes Principais.

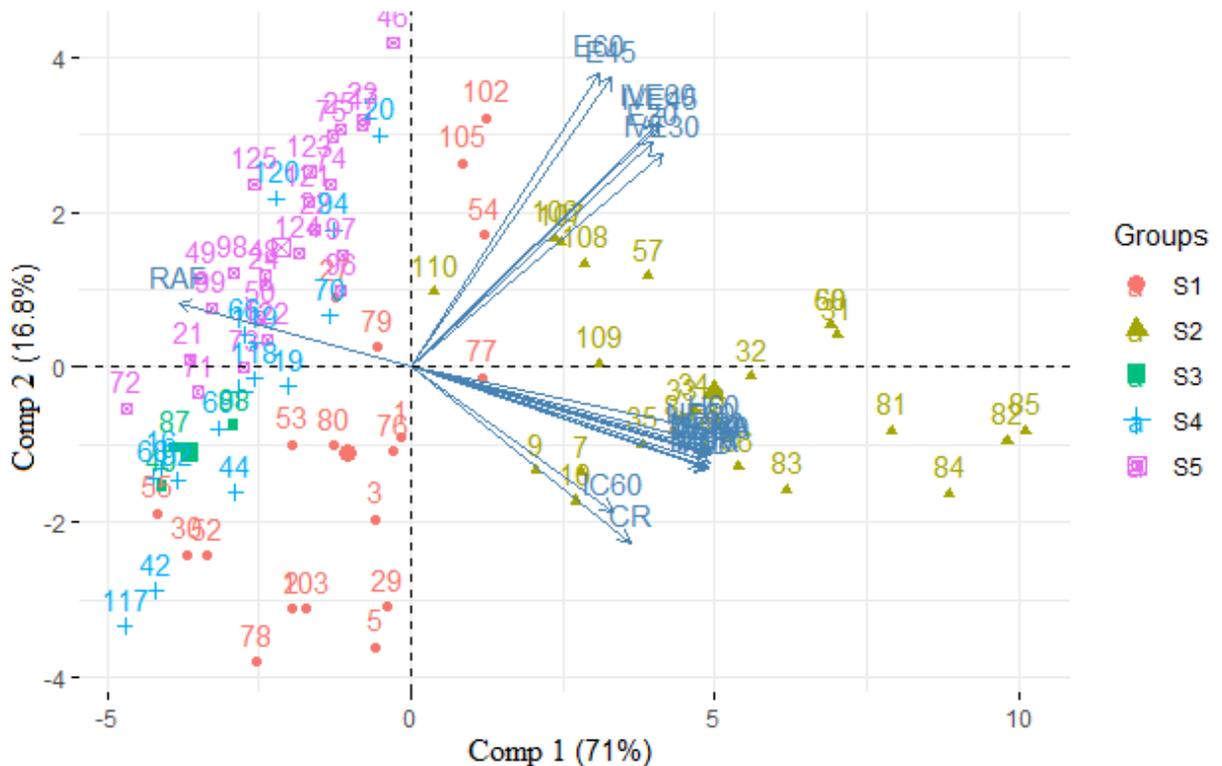


Em que, E30: emergência aos 30 dias após a semeadura (DAS), E45: emergência aos 45 DAS, E60: emergência aos 60 DAS, IVE30: Índice de Velocidade de Emergência aos 30 DAS, IVE45: Índice de Velocidade de Emergência aos 45 DAS, IVE60: Índice de Velocidade de Emergência aos 60 DAS, H60: altura da parte aérea aos 60 DAS, DC60: diâmetro do coleto aos 60 DAS, CR: comprimento radicular, NF60 número de folhas aos 60 DAS, MFPA: massa fresca da parte aérea, MFR: massa fresca da raiz, MSPA: massa seca da parte aérea, MSR: massa seca da raiz, IQD: Índice de Qualidade de Dickson, IC60: índice de clorofila aos 60 DAS, AF60: área foliar aos 60 DAS, RAF: razão área foliar e EUA: eficiência do uso da água.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Com base na análise multivariada dos dados obtidos para o fator Substratos (Figura 18), foi possível identificar quais variáveis mais se correlacionaram com cada tipo de substrato e os efeitos na qualidade das mudas produzidas de maracujá amarelo 60 DAS. Constatou-se que o S_c esteve posicionado nos quadrantes superior direito e inferior direito, correlacionando-se com todos os parâmetros morfológicos avaliados, exceto a razão área foliar (RAF), ressaltando o efeito do material na produção de mudas com maior vigor e qualidade.

Figura 18 - *Biplot* dos dois primeiros componentes principais obtidos para o fator Substrato com base nos parâmetros agrônômicos avaliados na produção de mudas de maracujá amarelo.

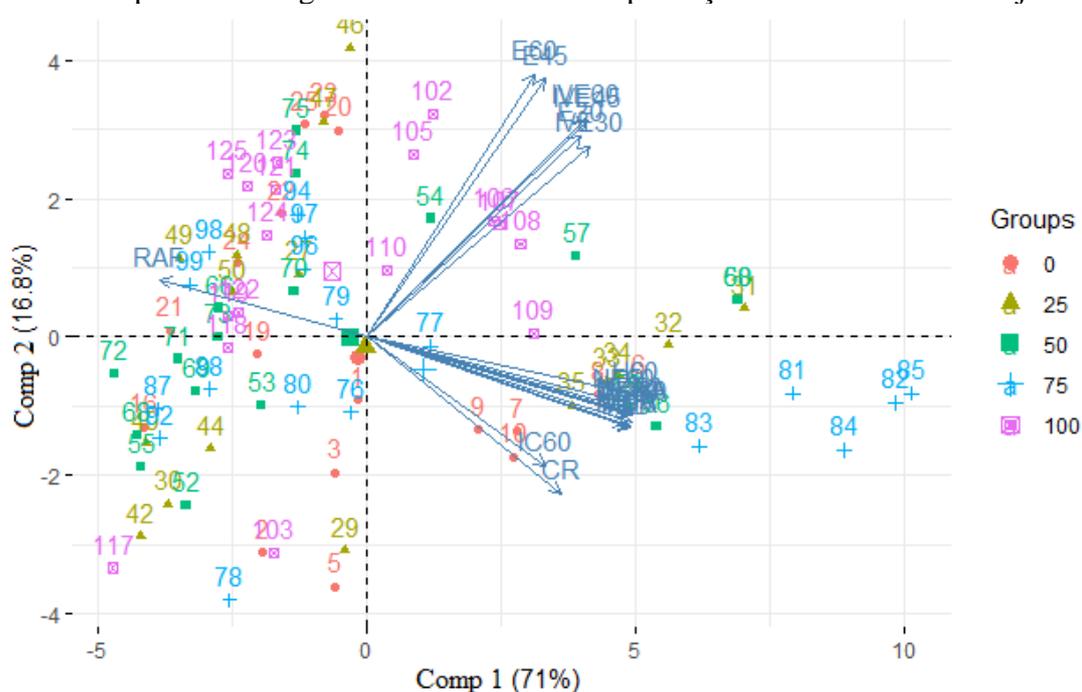


Em que, S₁: 70% terra de subsolo (TS) + 30% esterco bovino (EB), S₂: substrato comercial, S₃: 100% TS, S₄: 70% TS + 30% de cama de *Compost Barn* (CCB) e S₅: 50% TS + 50% CCB.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Em relação à análise multivariada dos dados obtidos para o fator Concentrações (Figura 19), foi possível identificar que os tratamentos com as concentrações de AR estiveram associados com os parâmetros agrônômicos avaliados, com ênfase para $C_{AR,75}$, que esteve relacionado principalmente com os parâmetros de crescimento das mudas, como constatado por meio do posicionamento no quadrante inferior direito, indicando assim, o efeito dessa concentração no desenvolvimento da cultura do maracujá amarelo.

Figura 19 - *Biplot* dos dois primeiros componentes principais obtidos para o fator Concentrações de água residuária doméstica tratada (AR) com base nos parâmetros agrônômicos avaliados na produção de mudas de maracujá amarelo.

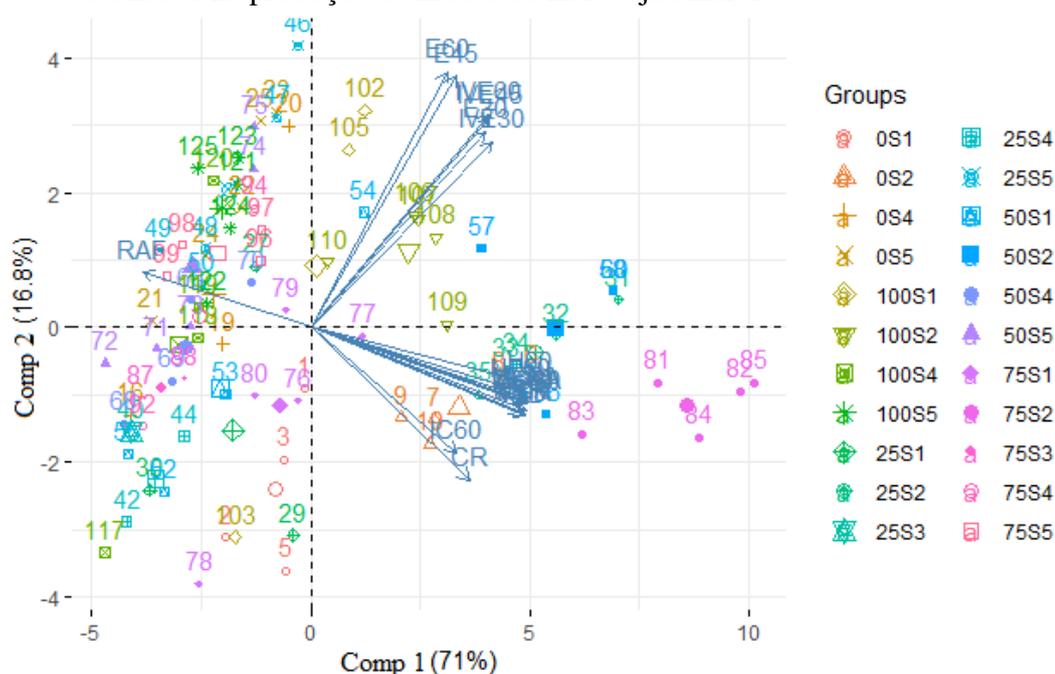


Fonte: Acervo da pesquisa.

Em relação à análise multivariada dos dados obtidos para a interação entre os fatores (Concentrações x Substratos) (Figura 20), observou-se que os tratamentos formados pela associação entre os níveis de concentração de AR e o S_C (comercial) estiveram correlacionados com a maior parte dos parâmetros analisados, com destaque para $C_{AR,75}+S_C$, que esteve

posicionado no quadrante inferior direito, se correspondendo com o agrupamento formado pela maioria dos parâmetros agrônômicos avaliados, indicando efeito positivo do tratamento para o crescimento das plantas de maracujá amarelo. Ressalta-se que, os tratamentos $C_{AR,0}+S_{100TS}$, $C_{AR,50}+S_{100TS}$ e $C_{AR,100}+S_{100TS}$ não foram considerados nessa avaliação fatorial e, portanto, não foram apresentados na Figura 20, devido à ocorrência de valores nulos, ou seja, sem registro de plantas em algumas parcelas experimentais, inviabilizando a execução da análise nesses tratamentos.

Figura 20 - *Biplot* dos dois primeiros componentes principais obtidos para a interação entre os fatores (Concentrações x Substratos) com base nos parâmetros agrônômicos avaliados na produção de mudas de maracujá amarelo.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Assim, o tratamento $C_{AR,75}+S_C$ (75% de AR + substrato comercial) apresenta potencial para produção de mudas de maracujá amarelo com maior vigor, resultando em maior qualidade das plantas ao final do ciclo produtivo, além de ser considerando uma alternativa mais

sustentável, considerando a redução da utilização da água de abastecimento e o reúso do efluente que seria descartado no meio ambiente, como indicado por Muyen *et al.* (2011), a vantagem dessa prática se traduz na redução de descarga de efluentes diretamente nos corpos hídricos.

Diante desse contexto, Alves *et al.* (2012), avaliando a reutilização de água residuária na produção de mudas de tomate, constataram que o uso de água residuária doméstica tratada pode ser uma alternativa para produção de mudas de tomate de alta qualidade, contribuindo para obtenção de mudas mais vigorosas. Soma-se a isso, a importância do substrato na produção de mudas de qualidade, sendo esse critério fundamental antes dos indivíduos serem conduzidos ao plantio no campo, dessa forma, faz-se necessário a utilização de substratos que proporcionem boas condições de desenvolvimento para a produção das plantas (SANTANA *et al.*, 2019).

4 CONCLUSÃO

As mudas de maracujá amarelo foram influenciadas pela irrigação com diferentes concentrações de água residuária doméstica tratada e substratos. As concentrações de água residuária doméstica tratada proporcionaram os melhores resultados para maioria das variáveis analisadas com a utilização do comercial 60 dias após a semeadura. O tratamento formado pela irrigação com 75% de água residuária doméstica tratada no substrato comercial pode ser indicado para produção de mudas de alta qualidade de maracujá amarelo, proporcionando maior desenvolvimento em termos morfológicos e de suas relações.

Com base nisso, o uso de 75% de água residuária doméstica tratada para irrigação das mudas de maracujá amarelo apresenta elevado potencial para a substituição das soluções nutritivas quando produzidas no substrato comercial, no entanto, recomenda-se pesquisas que abranjam maior tempo de aplicação dessa concentração aos indivíduos, como maior tempo de produção das mudas nessas condições.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa, a Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo suporte, aos integrantes do Laboratório de Construções, Ambiente e Sustentabilidade e do Grupo de Pesquisa em Construções e Ambiente em Biosistemas (COAMBI/UFLA).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N.; COSTA, L. R.; SAMPAIO, P. R. F.; AZEVEDO, J.; DIAS, N. S. Utilização de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 15, 2012.
- ALMEIDA, S. L.; PEREIRA, L. F. S.; SILVA, F. M.; NOGUEIRA, A. F. A.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, C. M. L.; M^ˆBATNA, A. J.; FERNANDES, M. R. N.; CELESTINO, J. J. H.; AMARAL, J. F. **Aproveitamento, características fitoquímicas e atividades biológicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa Degener): uma revisão bibliográfica**. In: Abordagens interdisciplinares sobre plantas medicinais e fitoterapia: saúde, sustentabilidade e biodiversidade / AMARAL, J. F. (Organizador). Guarujá-SP: Científica Digital, 2022. 10.37885/220308127
- ALVES, R. C.; FERREIRA NETO, M.; NASCIMENTO, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. S. F.; CAVALCANTE, J. S. J.; OLIVEIRA, F. A. Reutilização de água residuária na produção de mudas de tomate. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4, p. 77-81, 2012.
- ANTUNES, L. F. S.; AZEVEDO, G.; CORREIA, M. E. F. Produção de mudas de girassol ornamental e seu desenvolvimento em vasos utilizando como substrato o gongocomposto. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 299-314, 2019.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Water Environment Federation. Washington DC, USA, 1268p, 2012.
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017.

ARAUJO, M. M. V.; FERNANDES, D. Á.; CAMILI, E. C. Emergência e vigor de sementes de maracujá amarelo em função de diferentes disponibilidades hídricas. **Uniciências**, v. 20, n. 2, p. 82-87, 2016.

AZEVEDO, J. M. A.; SILVA JÚNIOR, E. A.; CRUZ, J. F.; SOUZA, E. B.; LIMA, M. O.; AZÊVEDO, H. S. F. S. Mudanças agroecológicas de maracujá-amarelo utilizando manipueira, urina de vaca e biofertilizante de amendoim forrageiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35521-35536, 2020.

BARROS, C. M. B.; VANOLLI, B. S.; VICENSI, M.; ÁVILA, F. W.; BOTELHO, R. V.; MÜLLER, M. M. L. Substratos orgânicos e pulverização com biofertilizante na produção de mudas de mamoeiro. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e6359109129-e6359109129, 2020.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 41 p, 2003.

BEZERRA, A. C. M.; VALENÇA, D. C.; CARVALHO, D. F.; PINHO, C. F.; REINERT, F.; GOMES, D. P.; GABETTO, F. P.; AZEVEDO, R. A.; MASSERONI, D.; MEDICI, L. O. Automation of lettuce seedlings irrigation with sensors deployed in the substrate or at the atmosphere. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 179-189, 2019.

BIASATO, I.; D'ANGELO, A.; BERTONE, I.; ODORE, R.; BELLINO, C. Compost bedded-pack barn as an alternative housing system for dairy cattle in Italy: Effects on animal health and welfare and milk and milk product quality. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 1142-1153, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961- 1990)**. Brasília: 1992. 84 p.

CABRAL, J. H. A.; SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; BONOU, S. I.; SANTOS, B. D. B.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D. Estatística multivariada na qualidade da água residual utilizada na irrigação na região semiárida brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 4, p. 121-133, 2019.

CARNEIRO, R. S. A.; VIEIRA, C. R. Produção de mudas de espécies florestais em substrato contendo esterco de aves ou esterco bovino. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 24, n. 4, p. 386-395, 2020.

CARVALHO, C. A.; RIBEIRO, Í. F. N.; LIRA, P. M.; TAVEIRA, M. K.; BRITO, R. S.; FREITAS, M. C. S.; RODRIGUES, T. S. Substrato alternativo é Recomendado na Produção de Mudanças de Sucuuba (*Himatanthus sucuuba*). **Cadernos de Agroecologia**, v. 17, n. 2, 2022.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CAVICHIOLO, J. C.; LISBOA, L. A. M.; OLIVEIRA, M. L.; FIGUEIREDO, A. M. Fisiologia e desenvolvimento do maracujá sob diferentes formas de propagação e intervalos de irrigação. **Revista Agrotecnologia, Ipameri**, v. 12, n. 1, p. 66-79, 2021.

CLARO, M. L.; PÉRES-RODRIGUES, G.; TEIXEIRA, S. A. Propriedades funcionais da casca do maracujá amarelo (*Passiflora Edulis*) na Síndrome Metabólica. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 13, n. 1, p. 181-194, 2018.

CORLET, I. G. **Substratos orgânicos na produção de mudas de Maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *Deneger*)**. 2022. 56 f. Dissertação (Sistemas Agroindustriais) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2022.

COSTA, A. A. A.; FRANÇA, C. L.; GONÇALVES, E. C. B.; MAGRO, R.; TOMAZ, R. C.; REIS, R. P. A. UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DE USO DOMÉSTICO NA AGRICULTURA FAMILIAR. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 18, n. 1, p. 18-37, 2022.

COSTA, F. M.; SANTOS, G. L.; CAMILO, G. B. M.; OLIVEIRA, U. C.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes composições de substrato e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 138-146, 2018.

COSTA, F. M.; SANTOS, G. L.; CAMILO, G. B. M.; OLIVEIRA, U. C.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes composições de substrato e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 138-146, 2018.

COSTA, F. M.; SANTOS, G. L.; CAMILO, G. B. M.; OLIVEIRA, U. C.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes composições de substrato e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 138-146, 2018.

CRUZ, F. R. S.; ANDRADE, L. A.; FEITOSA, R. C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 69-80, 2016.

CRUZ, M. C. M.; RAMOS, J. D.; OLIVEIRA, D. L.; MARQUES, V. B.; HAFLE, O. M. Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo cv redondo amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 1107-1112, 2008.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862- 1866, nov./dez. 2007.

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.

ECKELKAMP, E. A.; TARABA, J. L.; AKERS, K. A.; HARMON, R. J.; BEWLEY, J. M. Understanding Compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, v. 190, p. 35-42, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2 ed. Rev. Atual., Rio de Janeiro, 1997.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, A. R.; LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R. S.; VENANCIO, L. P.; ZANOTTI, R. F. Emergência e crescimento de mudas de maracujá doce em função de substratos e luz. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 234-240, 2015.

GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZ, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Revista Cerne**, v. 19, n. 1, p. 123-131, 2013. doi: 10.1590/S0104- 77602013000100015

GONÇALVES, B. H. L.; SOUZA, J. M. A.; FERRAZ, R. A.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Efeito do bioestimulante Stimulate® no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 147-155, 2018.

HATIFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. **Agronomy Journal, Madison**, v. 93, p. 271-280, 2001.

HE, X.; LUAN, F.; YANG, Y.; WANG, Z.; ZHAO, Z.; FANG, J.; WANG, M.; ZUO, M.; LI, Y. *Passiflora edulis*: An Insight Into Current Researches on Phytochemistry and Pharmacology. **Frontiers in Pharmacology**, [S.l.], v. 11, p. 1-16, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Maracujá**. 2021.

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Acesso em: 22 dez. 2022.

JINKINGS, L. M.; GONÇALVES, I. S.; SILVA, A. D. S. S. Elaboração da farinha de *Passiflora edulis* Sims (Maracujá amarelo) a partir do exocarpo e o estudo da composição centesimal. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, v. 3, n. 2, p. 52-58, 2020.

KATO, D. S.; SILVA, C. M.; HIGUCHI, M. T.; BAUCHROWITZ, I. M.; SANTOS NETO, J.; SHIMIZU, G. D.; OLIVEIRA, A. F. Produção de mudas de maracujá amarelo submetidas a doses crescentes de adubação de liberação lenta. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 310-320, 2018.

LUCENA, F. R.; FERNANDES, H. E.; MIRANDA, R. V.; SOUZA, P. A.; PEREIRA, M. A. Influência do Sombreamento na Germinação de Sementes de *Hymenaea courbaril* L. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 681-689, 2016.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p.176-177, 1962.

MARQUES, M. S.; SILVA, A. A. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; PUTTI, F. F.; GÓES, B. C. Análise bibliométrica sobre o uso de água residuária na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e30311326105-e30311326105, 2022.

MARTINS, H. F.; CARVALHO, S. S. R. A.; BISPO, J. A. C.; SOUZA, S. M. A.; MARTINEZ, E. A. Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. Flavicarpa): cinética da secagem artificial e natural da casca. **Brazilian journal of development**, v. 5, n. 11, p. 23234-23245, 2019.

MEDEIROS, L. C.; SANTOS, J. S.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, M. T. C. C.; MEDEIROS, M. R. J. C. Morfometria de girassóis irrigados com água residuária e adubado com diferentes doses de nitrogênio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14936-14950, 2020.

MEDEIROS, M. B. C. L.; JESUS, H. I.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUZA, V. Q.; BORGES, L. S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. S. Índice de qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 159-173, 2018.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; SOUZA, J. A.; SOUZA, J. A.; MATOS, A. T. Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à aplicação de

água residuária de origem doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 268-273, 2021.

MENEGHELLI, L. A.; MONACO, P. A.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, C. M.; ALMEIDA, K. M. Agricultural residues as a substrate in the production of eggplant seedlings. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 527-533, 2017.

MIYAKE, R. T. M.; CRESTE, J. E.; NARITA, N.; GUERRA, W. E. X. Substrato e adubação nitrogenada na produção de mudas de maracujazeiro amarelo em condições protegidas. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2017. p. 57-65.

MONZANI, R. M.; SILVA, G. A. D.; NUTTER JUNIOR, F.; DUARTE, H. D. S. S.; MIO, L. L. M. D. Development and validation of a standard area diagram set to evaluate bacterial blight on yellow passion fruit leaves. **Summa Phytopathologica**, v. 44, p. 332-337, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/175591>

MORGADO, M. A. D. O.; BRUCKNER, C. H.; ROSADO, L. D. S.; ASSUNÇÃO, W.; SANTOS, C. E. M. Estimação da área foliar por métodos não destrutivos, utilizando medidas lineares das folhas de espécies de *Passiflora*. **Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 662-667, 2013. MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; RESENDE, E. A. M.; REZENDE, C. P. A.; ABREU, L. R.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **PUBVET**, v. 11, p. 424-537, 2017.

MUYEN Z.; MOORE G. A.; WRIGLEY R. J. (2011). Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. **Agricultural Water Management**, v. 99, n. 1, p. 33-41, 2011.

NASCIMENTO, B.; MENEGUZZI, A.; FELIPPE, D.; SÁ, A. C. S.; PEREIRA, M. O.; NAVROSKI, M. C. Doses intermediárias de Osmocote® aumentam a performance inicial de mudas de araçá. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, p. 13-19, 2019.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p.617-626, 2011.

PORTO, J. S.; AMORIM, Y. F.; REBOUÇAS, T. N. H.; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q.; COSTA, R. Q. Índice SPAD e crescimento dotomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, Aracaju-SE, v. 10, n. 11, p. 1-8, 2014.

QUARESMA, J. P.; PACHECO, D. D.; SILVA, T. C.; BATISTA, C. H. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa) em resposta a calagem, NPK e

micronutrientes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e817986372-e817986372, 2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 04 jan. 2022.

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

REIS, L. C. R.; FACCO, E. M. P.; SALVADOR, M.; FLÔRES, S. H.; RIOS, A. O. Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2679-2691, 2018b.

RIBEIRO, C. S.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, V. L.; FRANÇA, S. C.; SILVA, R. V.; FONSECA, J. F.; SILVA, T. I. Produção de mudas de *Passiflora edulis* sob diferentes substratos orgânicos. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 3, p. 104-112, 2018. DOI: 10.5747/ca.2018.v14.n3.a232

SAKIYAMA, N.; MARTINEZ, H.; TOMAZ, M.; BORÉM, A. **Café arábica do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 316 p., 2015.

SANTANA, M. S.; ALMEIDA, A. P. S.; PONTES, S. F.; COSTA, C. A. A.; OLIVEIRA, A. R. F.; SILVA-MATOS, R. R. S. Produção de mudas de ipê roxo em substratos a base de caule decomposto de babaçu. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 15, n. 4, p. 275-280, 2019.

SANTOS, E. F.; SANTINI, J. M. K.; PAIXÃO, A. P.; JÚNIOR, E. F.; LAVRES, J.; CAMPOS, M.; REIS, A. R. Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 113, p. 6-19, 2017.

SANTOS, E. H. F.; SILVA, J. A. B.; GUIMARÃES, M. J. M.; MELONI, D. A.; CASTRO, J. L. G.; NEVES, A. V. F.; VIEIRA, N. Q. B.; SANTOS, A. S. Adubação orgânica como fator determinante de emergência e crescimento de mudas de maracujá-amarelo. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e360111032584-e360111032584, 2022.

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; OLIVEIRA, M. C.; MAGALHÃES, D. S.; FAGUNDES, M. C. P.; LUIZ, P. H. D. Formação de mudas de mamoeiro utilizando água residuária de laticínio nos substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 498-504, 2018.

SARAIVA, K. R.; NASCIMENTO, R. S.; SALES, F. A. L.; ARAÚJO, H. F.; FERNANDES, C. N. V.; LIMA, A. D. Produção de mudas de mamoeiro sob doses de adubação fosfatada utilizando como fonte superfosfato simples. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 4, p. 376-383, 2011.

SILVA, E. A.; MENDONÇA, V.; SILVA TOSTA, M.; OLIVEIRA, A. C.; REIS, L. L.; BARDIVIESSO, D. M. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 245-254, 2008.

SILVA, J. D. D. C.; LEAL, T. T. B.; ARAÚJO, R. M.; GOMES, R. L. F.; ARAÚJO, A. S. F. D.; MELO, W. J. D. Emergência e crescimento inicial de plântulas de pimenta ornamental e celosia em substrato à base de composto de lodo de curtume. **Ciência Rural**, v. 41, p. 412-417, 2011.

SILVA, J. V. G.; LONGUE, L. L.; JARDIM, A. S.; PINHEIRO, A. P. B.; ROSA, R.; PAGOTO, A. L. R.; AZEREDO, A. L. R.; ARANTES, S. D.; FERNANDES, A. A. Eficiência nutricional na produção de mudas de maracujazeiro azedo em função das concentrações de fósforo em solução nutritiva. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e11510413988, 2021.

SILVA, L. G. F.; SALES, R. A.; ROSSINI, F. P.; VITÓRIA, Y. T.; BERILLI, S. S.; Emergência e desenvolvimento de plântulas de maracujá-amarelo em diferentes substratos. **Energia na Agricultura**, v. 34, n. 01, p. 18-27, 2019.

SILVA, L. P.; OLIVEIRA, A. C.; ALVES, N. F.; SILVA, V. L.; SILVA, T. I. Uso de substratos alternativos na produção de mudas de pimenta e pimentão. **In: Colloquium Agrariae**, p. 104-115, 2019.

SILVA, M. R.; IGNACIO, L. A.; SILVA, G. A. Desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo em função de diferentes doses fósforo reativo. **Revista de Agronegócio – Reagro**, v. 6, n. 1, p. 41-50, 2017.

SILVA, M. V.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; JARDIM, A. M. R. F.; BATISTA, P. H. D.; SILVA, R. A. B.; LOPES, I.; OLIVEIRA, M. E. G.; SILVA, J. L. B.; MORAES, A. S. Spatial variability and exploratory inference of abiotic factors in barn compost confinement for cattle in the semiarid. **Journal of Thermal Biology**, v. 94, p. 102782, 2020.

SILVA, I. J.; SILVA, F. A.; FERNANDES, P. D.; DIAS, M. S.; LACERDA, C. N.; SILVA, A. A. R.; MARCELINO, A. D. A. L.; MELO, A. R.; REIS, L. S.; LIMA, R. F. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo sob salinidade da água de irrigação. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e29810918178-e29810918178, 2021.

SILVA, N. M. D., ARAÚJO NETO, S. E. D., SOUZA, L. G. D. S. E., UCHÔA, T. L., & PINTO, G. P. PROFITABILITY OF ORGANIC YELLOW PASSION FRUIT AS A FUNCTION OF IRRIGATION, PROTECTED CULTIVATION AND POLLINATION. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 633-640, 2022.

SILVA, N. M.; SOUZA, L. G.; UCHÔA, T. L.; ALMEIDA, W. A.; ARAÚJO NETO, S. E.; FERREIRA, R. L. F. Qualidade de mudas orgânicas de maracujazeiro amarelo produzidas com substratos alternativos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 96-102, 2018.

SOUZA, A. F.; ROCHA JUNIOR, E. D. O.; LAURA, V. A. Desenvolvimento inicial e eficiência de uso de água e nitrogênio por mudas de *Calophyllum brasiliense*, *Eucalyptus urograndis*, *Tabebuia impetiginosa* e *Toona ciliata*. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1465-1477, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. (6^a.ed.): Artmed, 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p, 1995. (Boletim técnico, 5).

ZANETONI, H. H. R.; BAÊTA, F. C.; SOUSA, F. C.; VILELA, M. O.; TELES JUNIOR, C. G. S. Caracterização da cama utilizada em sistemas Compost Barn. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 5, n. 4, p. 4014-4018, 2022.

**ARTIGO 2: ANÁLISE DA VARIAÇÃO E CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS
MICROMETEOROLÓGICAS EM CASA DE VEGETAÇÃO E AMBIENTE
EXTERNO COM AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DE TEMPERATURA NOS
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS**

**ARTIGO REDIGIDO CONFORME O MANUAL DE NORMALIZAÇÃO E
ESTRUTURA DE TRABALHOS ACADÊMICOS: TCCS, MONOGRAFIAS,
DISSERTAÇÕES E TESES 3ª EDIÇÃO REVISTA, ATUALIZADA E AMPLIADA**

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO E CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS
MICROMETEOROLÓGICAS EM CASA DE VEGETAÇÃO E AMBIENTE
EXTERNO COM AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DE TEMPERATURA NOS
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS**

RESUMO

O cultivo protegido tem sido amplamente difundido entre agricultores em todo o mundo, devido à alta produtividade e qualidade proporcionadas às culturas. Para garantir o desenvolvimento adequado dos vegetais, faz-se necessário o controle das variáveis micrometeorológicas, como temperatura, umidade relativa, radiação solar e CO₂. Outro elemento importante, a temperatura superficial do substrato, influencia diretamente diversos processos relacionados às plantas. Portanto, objetivou-se com a pesquisa avaliar a variação e a correlação entre as variáveis micrometeorológicas em condições de ambiente protegido e externo no município de Lavras – MG, além de verificar a variabilidade da temperatura superficial de substratos em sacos de polietileno de produção de mudas. Os dados micrometeorológicos foram obtidos por meio de sensores de leitura automática e direta em quatro pontos do interior da casa de vegetação. Para o ambiente externo, os dados de temperatura e umidade relativa foram obtidos de estação automática próxima, enquanto a radiação solar e CO₂ foram determinados por sensores de leitura direta. As médias dos elementos na casa de vegetação foram correlacionados com as do ambiente externo por meio de regressão linear e comparadas pelo Teste F ($p < 0.05$). A variabilidade da temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno foi determinada por meio de sensor de temperatura sem contato e os dados avaliados por meio de estatística descritiva. A temperatura no ambiente protegido foi maior que no ambiente externo, sendo que neste último, a umidade relativa e radiação solar foram superiores. Maior média de CO₂ foi registrada na casa de vegetação. Com exceção desta última variável, todas as demais apresentaram forte correlação linear entre os ambientes avaliados. Os maiores valores e variabilidade de temperatura superficial do substrato foram registrados às 12h, enquanto que os menores, às 9h. Os modelos de regressão linear possibilitam a estimativa de variáveis micrometeorológicas para as condições avaliadas. A variabilidade constatada para temperatura superficial dos substratos pode resultar em heterogeneidade na qualidade das mudas produzidas.

Palavras-chave: Ambiente protegido. Ambiência vegetal. Climatologia.

ABSTRACT

Protected cultivation has been widely disseminated among farmers around the world due to the high productivity and quality provided to crops. To ensure the proper development of plants, it is necessary to control micrometeorological variables such as temperature, relative humidity, solar radiation, and CO₂. Another important element, the surface temperature of the substrate, directly influences several processes related to plants. Therefore, the objective of this research was to evaluate the variation and correlation between micrometeorological variables in protected and outdoor environment conditions in the city of Lavras - MG, as well as to verify the variability of substrate surface temperature in polyethylene bags for seedling production. The micrometeorological data were obtained by means of automatic and direct reading sensors in four points inside the greenhouse. For the external environment, temperature and relative humidity data were obtained from a nearby automatic station, while solar radiation and CO₂ were determined by direct reading sensors. The means of the elements in the vegetation house were correlated with those of the external environment by linear regression and compared by the F Test ($p < 0.05$). The variability of the surface temperature of the substrates in polyethylene bags was determined using a non-contact temperature sensor and the data were evaluated using descriptive statistics. The temperature in the protected environment was higher than in the outdoor environment, and in the latter, relative humidity and solar radiation were higher. Higher average CO₂ levels were recorded in the greenhouse. With the exception of this last variable, all the others showed a strong linear correlation between the environments evaluated. The highest values and variability of substrate surface temperature were recorded at 12h, while the lowest were recorded at 9h. Linear regression models allow the estimation of micrometeorological variables for the conditions evaluated. The variability observed for the surface temperature of the substrates may result in heterogeneity in the quality of the seedlings produced.

Keywords: Protected environment. Plant ambience. Climatology.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo protegido tem sido amplamente difundido entre agricultores em todo o mundo. A procura pelos produtores se deve aos resultados alcançados nos quesitos qualidade e produtividade dos cultivos (PAULA *et al.*, 2017). Além disso, a produção nesses ambientes é uma alternativa sustentável para atender à crescente demanda por alimentos, devido à alta

produtividade proporcionada, desempenhando um papel importante nos sistemas de produção de alimentos (ZHOU *et al.*, 2021).

O cultivo de espécies vegetais é afetado pela variabilidade climática (VIRGENS FILHO, 2013). As mudanças climáticas extremas em muitas regiões do mundo, especialmente em áreas tropicais e subtropicais, afetam diretamente a produtividade das culturas, com base nisso, novas tecnologias foram desenvolvidas para determinar o estado das plantas, variando desde as condições de umidade do solo, temperatura e níveis de radiação (GÓMEZ *et al.*, 2017).

Em se tratando de ambiente protegido, o controle das variáveis micrometeorológicas é realizado, principalmente, em função de sensores de radiação, temperatura e umidade relativa do ar (ARAÚJO *et al.*, 2016). Essa prática possibilita aos agricultores que forneçam ao mercado seu produto durante todo o ano. Nesse sentido, faz-se necessário o entendimento de fatores como isolamento da instalação e a diferença entre a temperatura interna e a temperatura externa (TITTARELLI, 2020), além do manejo da umidade para reduzir os problemas com mosquitos-fungo nesses sistemas de produção (CLOYD, 2015).

Ressalta-se ainda, a radiação solar, pois ela é a principal origem de energia para as plantas, visto que a maior parte é convertida em calor, promovendo o processo de transpiração, além de alterar a temperatura dos tecidos vegetais afetando as taxas dos processos metabólicos e o balanço de energia entre eles (SILVA *et al.*, 2022). Outra variável que exerce papel relevante nesses sistemas de cultivo é a concentração de dióxido de carbono (CO₂), pois ela influencia o processo de produção vegetal (TERUEL, 2010), pois, com o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, tende a ter um efeito positivo sobre as culturas, podendo aumentar a taxa de crescimento das plantas, devido ao CO₂ ser o substrato primário para fotossíntese (FAGUNDES *et al.*, 2010).

Evidencia-se também, a temperatura do substrato, como sendo uma das propriedades que influenciam diretamente uma série de processos relacionados às plantas (CAVALCANTI *et al.*, 2019). Ela é condicionada pelos elementos meteorológicos, sendo a diferença de temperatura do ar e do substrato a desencadeadora dos processos sensíveis de transferência de energia por condução, convecção e radiação (CARNEIRO *et al.*, 2013).

Considerando a necessidade do manejo correto das variáveis micrometeorológicas durante o cultivo protegido de espécies vegetais, faz-se necessário o entendimento das variações e correlações desses elementos nas condições de ambiente protegido e exterior a instalação. Soma-se a isso, a necessidade de estudos que avaliem a variabilidade da temperatura superficial dos substratos durante o processo de produção vegetal.

Assim, a pesquisa teve como objetivo avaliar a variação e a correlação entre as variáveis micrometeorológicas em condições de ambiente protegido e externo no município de Lavras - Minas Gerais, além de verificar a variabilidade da temperatura superficial de substratos em sacos de polietileno de produção de mudas.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

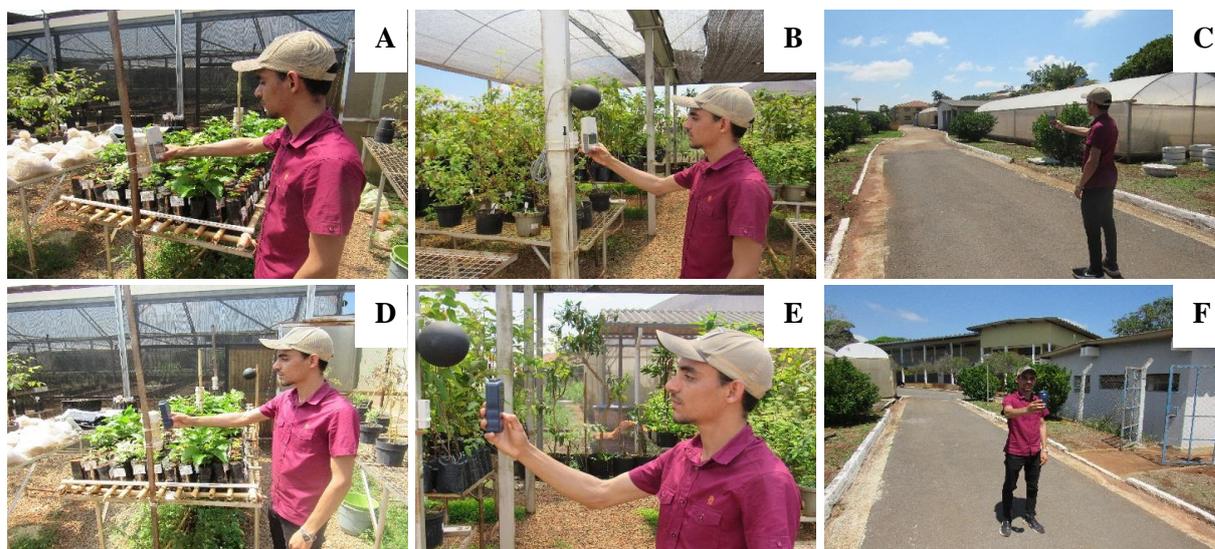
A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Lavras - UFLA, situada na cidade de Lavras, sul do Estado de Minas Gerais, com uma altitude média de 910 metros, latitude de 21°14'06"S e longitude de 45°00'00"W. A classificação climática proposta por Köppen é do tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão, com precipitação total média anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4°C (BRASIL, 1992; DANTAS *et al.*, 2007).

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Fitopatologia da UFLA. A estrutura é tipo arco duplo, com área total de 145,3 m², largura de 8,7 m, comprimento de 16,7 m, pé-direito de 3,0 m e altura total de 4,5 m, orientado no sentido Leste-Oeste, coberto por filme de polietileno de baixa densidade, com 150 µm de espessura e aditivo anti-uv. Os fechamentos transversais e longitudinais possuem tela sombrite (50%). As unidades experimentais foram distribuídas sobre uma bancada com armação metálica, com altura de 1 m do nível do solo, comprimento de 3 m e largura de 1 m.

2.2 Coleta e análise dos dados

No interior do ambiente protegido, foram monitoradas a temperatura (T , °C), a umidade relativa do ar (UR, %), radiação solar global (R_g , Wm^{-2}) e concentração de Dióxido de Carbono (CO_2 , ppm) no período experimental de 03/08/2022 a 01/10/2022. A temperatura e a umidade relativa foram determinadas por meio de sensores internos do dataloggers Onset modelo Hobbo, com faixa de medição de temperatura de $-20^{\circ}C$ a $70^{\circ}C$, precisão de $\pm 0,35^{\circ}C$ ($0^{\circ}C$ a $50^{\circ}C$), resolução de $0,03^{\circ}C$, sensor de umidade relativa com faixa de medição de 5% a 95% de umidade relativa, precisão de $\pm 2,5\%$ (10% a 90% de umidade relativa), resolução de 0,05%. Foram utilizados quatro equipamentos desse tipo, instalados em quatro pontos, sendo os Pontos 1, 2 e 3, espacializados sobre a bancada com as unidades experimentais. O Ponto 4 correspondeu ao centro geométrico da instalação a 1,5 m do solo. Na Figura 1 são apresentados a casa de vegetação e os sensores localizados em cada ponto descrito.

Figura 1 - Determinação das concentrações de CO_2 (ppm) (A, B e C) e Radiação Solar ($W m^{-2}$) (D, E e F) nos Pontos 1, 2, 3 (sobre a bancada) e 4 (centro geométrico) no interior da casa de vegetação e exterior da instalação.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Os instrumentos foram pré-configurados para realizarem leituras automaticamente a cada 10 minutos. A Rg foi determinada com auxílio de um medidor de energia solar digital portátil mod. MES-100. Enquanto as concentrações de CO₂ foram determinadas utilizando o monitor de CO₂ Telaire 7001, com resolução de ± 1 ppm e precisão de ± 50 ppm, as leituras foram exibidas pelo equipamento em cerca de 30 segundos. As determinações de Rg e CO₂ foram realizadas nos pontos pré-estabelecidos e ocorreram das 9 às 18 horas, em um intervalo de 3 horas entre as medições (9, 12, 15 e 18 h). A partir dos dados obtidos nos quatro pontos elencados, foram calculadas as médias dessas variáveis para o ambiente casa de vegetação em função dos dias de avaliação experimental.

Para o ambiente externo, as médias diárias referentes ao período experimental foram calculadas a partir dos valores de Tar e UR, obtidos da estação meteorológica automática, posicionada próximo à casa de vegetação, vinculada à Universidade Federal de Lavras – UFLA. Visando obter maior precisão, a Rg foi determinada no ambiente externo próximo a casa de vegetação, no mesmo ponto durante todo o período, sem que houvesse interferência de edificações, utilizando o medidor de energia solar digital portátil mod. MES-100.

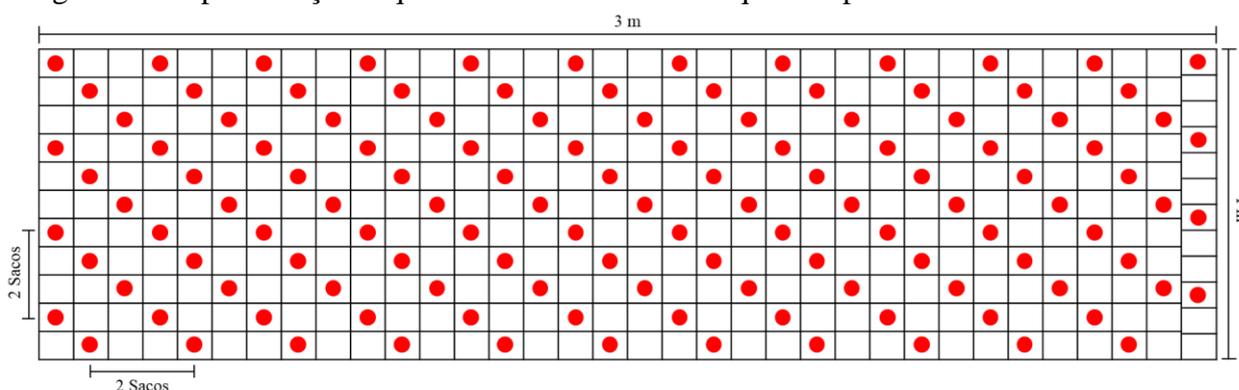
Foi verificada a temperatura superficial dos substratos nos sacos, por meio de termômetro sem contato I.R THERMOMETER -50+530°C Alla France, com Resolução de 0,1°C e Precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$, em 125 de um total de 375 recipientes. As células foram selecionadas considerando a distância entre dois recipientes (Figura 2), os quais foram preparados com 5 tipos de substratos: S₁: (70% terra de subsolo = TS + 30% esterco bovino = EB) (SAKIYAMA *et al.*, 2015), Em que, para cada m³ de substrato utiliza-se de 700 L de terra peneirada, 300 L de esterco de curral curtido e peneirado com adição de 3 a 5 kg de superfosfato simples e 0,5 a 1,0 kg de cloreto de potássio e 1,0 a 2,0 kg de calcário dolomítico; S₂: substrato comercial do tipo Carolina Soil, indicado para produção de mudas e adquirido junto ao comércio agrícola; S₃ (100% TS): terra de subsolo “barranco”, previamente peneirada, S₄: 70% TS + 30% de Cama do *Compost Barn* (CCB) e S₅: 50% TS + 50% CCB, o composto orgânico utilizado nas formulações destes dois últimos substratos foi coletado de um sistema *Compost Barn*

pertencente a Fazenda Progresso Olaria localizada na comunidade Cajuru do Cervo, município de Lavras - MG.

Essas leituras ocorreram nos horários pré-estabelecidos para às demais avaliações (9, 12, 15 e 18h) (Figura 3). A variabilidade da temperatura na superfície dos substratos foi caracterizada com base na estatística descritiva com os valores de temperaturas médias, máximas e mínimas, coeficiente de variação, amplitude, desvio padrão, mediana e valores dos quartis.

Para avaliação da variação das medidas estatísticas de posição e de variabilidade, foi considerado o coeficiente de variação (CV) baixo ($CV \leq 12\%$), médio ($12 < CV \leq 60\%$) e alto ($CV > 60\%$), conforme classificação de Warrick e Nielsen (1980).

Figura 2 – Representação esquemática das 125 células que compuseram a malha amostral.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Figura 3 – Determinação da temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$) dos substratos em 125 recipientes.



Fonte: Acervo da pesquisa.

As variáveis micrometeorológicas da casa de vegetação foram correlacionados com as do ambiente externo por meio de regressão linear simples. Os critérios estatísticos para seleção de modelos foram baseados no teste F, no coeficiente de determinação (R^2), nos coeficientes de correlação de Person (r) e Spearman (ρ). Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias foi realizado utilizando o Teste F ($p < 0,05$). As avaliações foram realizadas no software Minitab® versão 20.3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação e a correlação entre as variáveis micrometeorológicas na casa de vegetação e no ambiente externo no período experimental de 03/08/2022 a 01/10/2022 são apresentados na Figura 4. A comparação entre as médias dos elementos micrometeorológicos desses ambientes podem ser observados na Tabela 1, sendo constatado que as médias destes elementos apresentaram diferença significativa ao final do período experimental.

Verificou-se que, a temperatura média do ar no ambiente protegido foi de $21,2^\circ\text{C}$, sendo a máxima de $25,9^\circ\text{C}$ e a mínima de $15,1^\circ\text{C}$, durante o período estudado. A temperatura no ambiente protegido foi maior que no ambiente externo ($18,8^\circ\text{C}$), diferindo em média $2,4^\circ\text{C}$, além de diferir significativamente pela análise estatística (Figura 4A; Tabela 1). Em relação à análise de correlação linear da temperatura média utilizando os dados do ambiente protegido como variável dependente, foi observado boa concordância entre os valores do ambiente externo e da casa de vegetação, indicado pelo alto valor de coeficiente de determinação $R^2 = 0,8773$, como também pela obtenção dos elevados valores de coeficiente de correlação de Pearson $r = 0,937$ e Spearman $\rho = 0,929$ (Figura 4B).

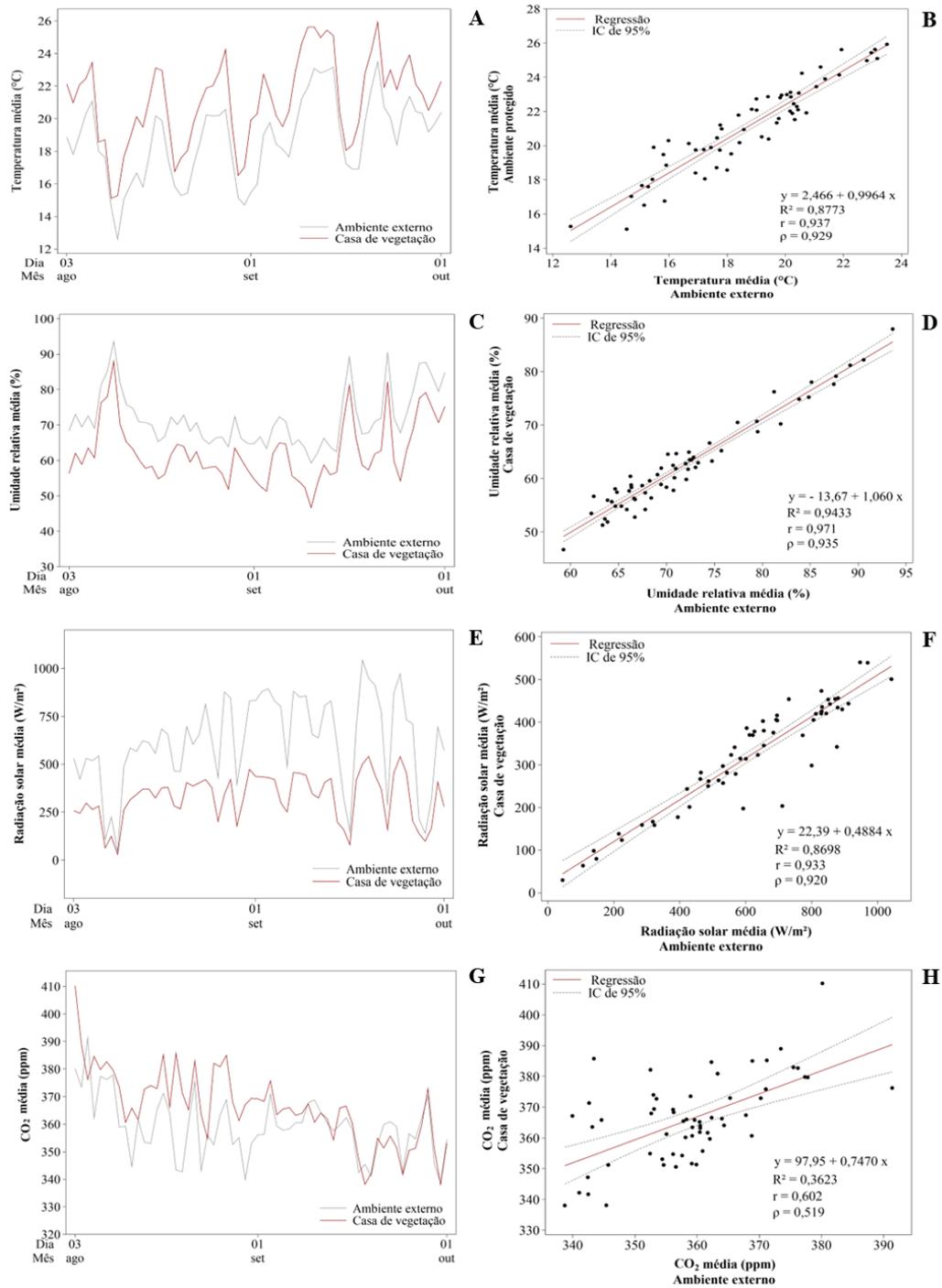
Com relação à análise da umidade relativa média na casa de vegetação e externo ao ambiente, constatou-se para o ambiente externo média de $71,9\%$, com máxima de $93,6\%$ e mínima de $59,3\%$. Esses valores médios são superiores aos observados para o ambiente protegido ($62,6\%$) (Figura 4C), com diferença média de $9,3\%$, essa superioridade é confirmada pela diferença significativa verificada na Tabela 1 ao final do período experimental. A relação

funcional entre a umidade relativa média no ambiente protegido e externo proporcionou um coeficiente de determinação elevado $R^2 = 0,9433$, além de altos valores para os coeficientes de correlação de Pearson $r = 0,971$ e Spearman $\rho = 0,935$, o que contribuiu para boa associação linear entre a variável micrometeorológica analisada nos dois ambientes (Figura 4D).

Na análise da radiação solar média observada na casa de vegetação e no exterior da instalação, verificou-se que o ambiente externo expressou média de $619,1 \text{ W m}^{-2}$, com máxima de $1041,9 \text{ W m}^{-2}$ e mínima de $44,8 \text{ W m}^{-2}$, esses quantitativos se mostram superiores aos observados para a casa de vegetação ($324,7 \text{ W m}^{-2}$) (Figura 4E), sendo a diferença entre as médias de $294,4 \text{ W m}^{-2}$, com diferença significativa na análise estatística atestada na Tabela 1. A radiação solar na casa de vegetação e no ambiente externo resultou em boa associação entre as variáveis, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,8698$, bem como elevados valores de coeficientes de correlação de Pearson $r = 0,933$ e Spearman $\rho = 0,920$ na análise do período experimental (Figura 4F).

Na análise da concentração de dióxido de carbono (CO_2) registrada na casa de vegetação e no exterior da instalação, verificou-se que o ambiente protegido apresentou média de 366 ppm, com máxima de 410 ppm e mínima de 338 ppm. O CO_2 nesse ambiente foi superior em média 7,1 ppm ao externo (359 ppm), com diferença significativa na análise estatística (Figura 4G, Tabela 1). Entretanto, o CO_2 na casa de vegetação e no ambiente externo apresentou baixa associação entre as variáveis, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,3623$, bem como elevados valores de coeficientes de correlação de Pearson $r = 0,602$ e Spearman $\rho = 0,519$ (Figura 4H).

Figura 4 - Variação e Correlação entre as variáveis micrometeorológicas na casa de vegetação e ambiente externo no município de Lavras – Minas Gerais.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 1 - Valores médios das variáveis micrometeorológicas obtidos em condições de casa de vegetação e ambiente externo no município de Lavras – Minas Gerais.

Ambientes	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Radiação solar (W m⁻²)	CO₂ (ppm)
Casa de vegetação	21,2 a	62,6 b	324,7 b	366 a
Externo	18,8 b	71,9 a	619,1 a	359 b
CV (%)	12,75	12,30	39,72	3,41

Em que, CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Acervo da pesquisa.

A maior temperatura média observada no ambiente protegido em relação ao externo ocorreu devido ao balanço de energia no interior do ambiente protegido ser menor que no ambiente externo, além disso, a cobertura exerce uma barreira física, retendo energia no ambiente interno. Isso é explicado pelo efeito estufa, pois, a irradiação solar de elevada energia e baixo comprimento de onda, em especial a luz (43% da radiação solar), com comprimento de onda entre 390 a 700 nm, passa pelo plástico ou vidro, transforma-se em energia calórica de nível energético menor e maior comprimento de onda, que não consegue passar pela cobertura da estrutura da casa de vegetação elevando a sua temperatura (BELTRÃO *et al.*, 2002).

Esse fato também foi verificado por Cavalcanti *et al.* (2019). Enquanto, Costa *et al.* (2015) verificaram que a temperatura máxima no ambiente protegido é superior a obtida nas condições de campo na maioria dos dias do ano, diferindo em média de 4°C. Andrade Júnior *et al.* (2011) obtiveram temperaturas em média mais elevadas no ambiente protegido com valores de 1,9 a 2,3°C superiores.

Este fenômeno é decorrente da interação da radiação solar com o filme plástico que atenua a radiação incidente; no entanto, a cobertura e os fechamentos laterais contribuem para a retenção da massa de ar quente, dificultando as trocas por convecção (GUISELINI *et al.*, 2013). Ressalta-se que é considerado normal que casas de vegetação atinjam altas temperaturas no seu interior, todavia, essa condição não pode permanecer durante um período muito longo,

pois pode influenciar de forma negativa o metabolismo vegetal e, em alguns casos, levar as plantas à morte (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Em relação à maior média de umidade relativa constatada no ambiente externo, isso pode estar associado ao fato dessa variável estar relacionada à temperatura do ar, como indicado por Souza *et al.* (2016), eles afirmam que há uma dependência exponencial da UR em relação a temperatura. Nesse sentido, com aumento da temperatura ocorrer a expansão da massa de ar, elevando-se o potencial de contenção de vapor de água, que por sua vez acarreta em variações de UR (MASCARENHAS *et al.*, 2020). Em comparação com o trabalho de Costa *et al.* (2015), os autores relataram que a umidade relativa nas condições de campo foi maior, em média 13,28%, nas condições de ambiente protegido, se assemelhando ao verificado na presente pesquisa.

No que se refere ao comportamento superior das médias expressado pela radiação solar no ambiente externo em relação à casa de vegetação, isso pode ser explicado pela ocorrência dos processos de reflexão e da absorção do material da cobertura plástica, esse fato é confirmado por Reis *et al.* (2012), que observaram uma redução de 38% da irradiação solar provocada pela cobertura de polietileno. Enquanto Costa *et al.* (2015), observaram que a radiação solar global foi superior nas condições de campo em relação ao ambiente protegido. Cabe evidenciar a importância da cobertura plástica utilizada na casa de vegetação, pois ela aumenta a fração difusa da radiação o que resulta em maior eficiência nas culturas (CARON *et al.*, 2014).

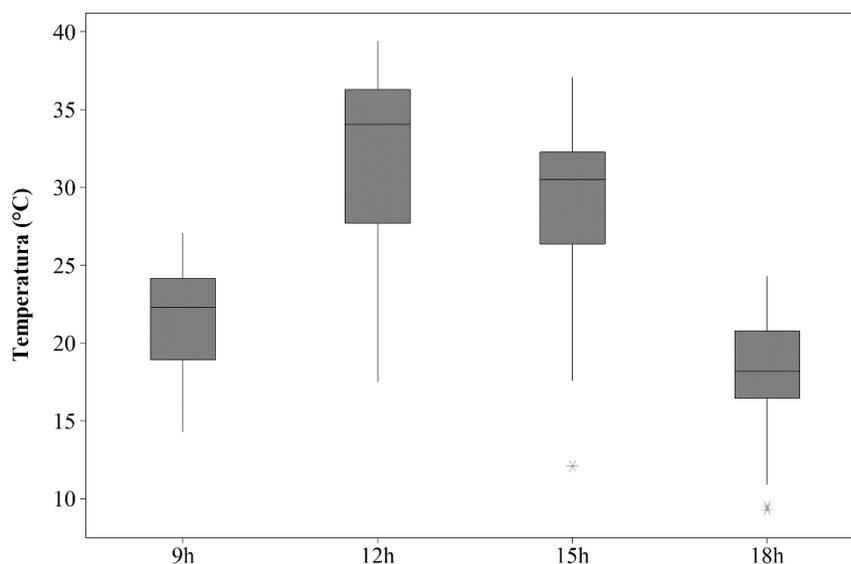
Na avaliação do CO₂, Lessin e Ghini (2009) obtiveram concentrações médias de CO₂ para os ambientes: estufa com injeção de gás (439 ppm), estufa sem injeção de gás (461 ppm) e sem estufa (627 ppm), sendo essas médias superiores às verificadas na presente pesquisa. Os autores citados verificaram ainda que, o aumento da concentração de CO₂ resultou no aumento da altura, massa seca das raízes, número e massa de nódulos de cultivares de soja. Nesse sentido, Silva *et al.* (2015) indica que em plantas, o aumento da concentração de CO₂ atmosférico causa aumento da taxa de crescimento. Contudo, faz necessário o acompanhamento da temperatura,

pois, caso haja o aumento conjunto desses elementos, o incremento em termos de desenvolvimento dos indivíduos pode não ocorrer.

A variabilidade da temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno é ilustrada na Figura 5, enquanto, os dados da estatística descritiva são listados na Tabela 2. Observa-se que os valores das médias são semelhantes aos das medianas, todavia, os dados apresentam comportamento negativamente assimétrico, evidenciado pela maior distância da mediana para o ponto mínimo (Figura 5; Tabela 2).

Os maiores valores de temperatura superficial do substrato foram registrados às 12h, horário que apresenta maiores quantitativos médios de radiação solar (casa de vegetação: 324,7 W m⁻² e ambiente externo: 619,1 W m⁻²). A menor amplitude foi obtida às 9h, influenciada pela reduzida dispersão dos valores com relação à média. Este fato pode ser confirmado pelo coeficiente de variação, classificado como de baixa variabilidade ($CV \leq 12\%$), indicando assim, que existe homogeneidade dos dados nesse horário. Ressalta-as que, a maior variabilidade de temperatura superficial foi observada às 12h, com $CV = 28,3\%$ (Tabela 2) e classificado médio.

Figura 5 - Boxplot da temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 2 - Estatística descritiva da temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno.

Horário	Média	DP	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	A	CV (%)
9h	21,7	3,2	14,3	18,9	22,3	24,2	27,1	12,8	9,9
12h	32,1	5,3	17,5	27,7	34,0	36,3	39,4	21,9	28,3
15h	29,2	4,8	12,1	26,4	30,5	32,3	37,1	25,0	22,7
18h	18,3	3,6	9,3	16,5	18,2	20,8	24,3	15,0	13,2

Em que, DP: Desvio Padrão, A: Amplitude, CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Costa *et al.* (2015) para temperatura do substrato em bandejas, com valores mais elevados também registrados às 12h. Ressalta-se que condições de elevadas temperaturas nos substratos podem prejudicar o desenvolvimento dos vegetais. Casas *et al.* (2020) indicam que a temperatura do solo é um dos fatores mais importantes que afetam o crescimento das plantas. Oliveira *et al.* (2016) acrescenta que, dentre as condições ambientais que afetam o processo germinativo, a temperatura é um dos fatores que têm influência de forma significativa. Para algumas espécies, o desempenho germinativo das sementes é beneficiado por temperaturas constantes, enquanto para outras, o ideal é a variação de temperatura (GOMES *et al.*, 2016).

4 CONCLUSÃO

A maioria das variáveis micrometeorológicas avaliadas na casa de vegetação e ambiente externo apresentaram forte correlação. Os modelos de regressão linear possibilitam a estimativa de variáveis micrometeorológicas para condição de casa de vegetação em função das condições ambientais externas a instalação no município de Lavras – MG.

A variabilidade constatada para temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno em grande parte dos horários analisados, evidenciam maior desuniformidade de

temperatura nos recipientes, o que pode resultar em heterogeneidade na qualidade das mudas produzidas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa, a Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo suporte, aos integrantes do Laboratório de Construções, Ambiente e Sustentabilidade e do Grupo de Pesquisa em Construções e Ambiente em Biosistemas (COAMBI/UFLA).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. D.; DAMASCENO, L. M.; DIAS, N. D. S.; GHEYI, H. R.; GUISELINI, C. Climate variations in greenhouse cultivated with gerbera and relationship with external conditions. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 857-867, 2011.
- ARAÚJO, H. F.; LEAL, P. A. M.; ZORZETO, T. Q.; BETIN, P. S.; NUNES, E. F.; SERVILHA, G. F. P. Alterações micrometeorológicas em ambientes protegidos cultivados com minitomate orgânico. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 226-226, 2016.
- BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. Uso adequado de casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.547-552, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961- 1990)**. Brasília: 1992. 84 p.
- CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B.; MAIA, R. G. X. Fluxo de calor do solo e saldo de radiação dentro de uma área de Mata Atlântica em comparação com uma área de Cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 555-565, 2013.
- CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 257-265, 2014.

CASAS, N. A. C.; CARDOSO, I. M.; TEIXEIRA, R. S. Temperatura e umidade do solo coberto com resíduos vegetais na produção de hortaliças agroecológicas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 1, p. 1-4, 2020.

CAVALCANTI, S. D. L.; GOMES, N. F.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A. Variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 1, p. 66-73, 2019.

CLOYD, R. A. Ecology of fungus gnats (*Bradysia* spp.) in greenhouse production systems associated with disease-interactions and alternative management strategies. **Insects**, v. 6, n. 2, p. 325-332, 2015.

COSTA, J. O.; ALMEIDA, A. N.; COELHO, R. D.; FOLEGATTI, M. V.; JOSÉ, J. V. Modelos de estimativa de elementos micrometeorológicos em ambiente protegido. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, v. 4, n. 1-3, p. 25-31, 2015.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862- 1866, 2007.

DEA/UFLA – Departamento de Engenharia Agrícola/ Universidade Federal de Lavras. **Agrometeorologia e Climatologia**. 2020. Disponível em: <http://dea.ufla.br/nucleos/agrometeorologia-e-climatologia>. Acesso em: 28 jul. 2022.

FAGUNDES, J. D.; PAULA, G. M. D.; LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1464-1472, 2010.

GOMES, J. P.; OLIVEIRA, L. M. D.; FERREIRA, P. I.; BATISTA, F. Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de Myrtaceae. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 285-293, 2016.

GÓMEZ, J. E.; CASTAÑO, S.; MERCADO, T.; FERNANDEZ, A.; GARCIA, J. Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. **Ingeniería e Innovación**, v. 5, n. 1, 2017.

GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; BARROS, A. C.; SILVA, L. F.; SILVA NETO, S. P. Acclimatization of sugarcane seedlings in a greenhouse under two types of shading screens/Aclimatização de mudas de cana-de-acúcar em ambiente protegido sob dois tipos de malhas de sombreamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 877-883, 2013.

LESSIN, R. C.; GHINI, R. Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o oídio e o crescimento de plantas de soja. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 385-392, 2009.

MASCARENHAS, A. R. P.; GHILARDI, D. S.; MELO, R. R. Geotecnologias aplicadas ao zoneamento sazonal da umidade de equilíbrio da madeira em Rondônia, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 2, p. 119-127, 2020.

OLIVEIRA, F. N. D.; FRANÇA, F. D. D.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. D. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de pereiro-vermelho (*Simira gardneriana* MR Barbosa & Peixoto). **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 658-666, 2016.

OLIVEIRA, H. B. P.; SANTANA, L. M.; SANTOS, C. E. R.; MAZZINI-GUEDES, R. B. CASA DE VEGETAÇÃO DE BAIXO CUSTO. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 7, p. 7-13, 2019.

PAULA, R. D. C. M.; SILVA, A. G.; COSTA, E.; BINOTTI, F. F. S. Monitoramento de variáveis micrometeorológicas em diferentes ambientes protegidos no período de inverno. **Revista de agricultura neotropical**, v. 4, n. 5, p. 103-109, 2017.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V.; LYRA, G. B.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; LIMA, V. L. A. Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 739-744, 2012.

SAKIYAMA, N.; MARTINEZ, H.; TOMAZ, M.; BORÉM, A. **Café arábica do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 316 p., 2015.

SILVA, J. B. M.; DANTAS, T.; SOUZA, M. I.; OLIVEIRA, F. C. **Condições micrometeorológicas em ambientes protegidos**. In: Desenvolvimento rural e sustentabilidade: energia, produção e novos mercados. SOUZA, W. J. O.; GOMES, E. N.; RODRIGUES, J. S. (Orgs.). Guarujá-SP: Científica Digital, 2022.
<https://dx.doi.org/10.37885/220508790>

SILVA, R. C. B.; LOPES, A. P.; SILVA, K. A. A.; SILVA, T. C. F. S.; ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ANGELOTTI, F. Crescimento inicial de plântulas de melancia submetidas ao aumento da temperatura e concentrações de CO₂. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 27, n. 1, p. 33-43, 2015.

SOUZA, A. P.; STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; ULIANA, E. M. 2016. Sazonalidade da umidade de equilíbrio da madeira para o Estado de Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 423-433, 2016.

TERUEL, B. J. Controle automatizado de casas de vegetação: Variáveis climáticas e fertigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 237-245, 2010.

TITTARELLI, F. Organic greenhouse production: towards an agroecological approach in the framework of the new European regulation—a review. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 72, 2020.

VIRGENS FILHO, J. S.; OLIVEIRA, R. B. I.; LEITE, M. L.; TSUKAHARA, R. Y. Desempenho dos modelos CLIGEN, LARS-WG e PGECLIMA_R na simulação de séries diárias de temperatura máxima do ar para localidades do estado do Paraná. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 3, p. 538-547, 2013.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D. (Ed.), Applications of soil physics. Academic Press, New York, p. 319-344, 1980.

ZHOU, D.; MEINKE, H.; WILSON, M.; MARCELIS, L. F.; HEUVELINK, E. Towards delivering on the sustainable development goals in greenhouse production systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 169, p. 105379, 2021.