UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

SELEÇÃO DE VARIEDADES DE COPAS DE CITROS PARA TOLERÂNCIA À SECA EM CASA DE VEGETAÇÃO

Mariana Roberta Ribeiro
Engenheira Agrônoma

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

SELEÇÃO DE VARIEDADES DE COPAS DE CITROS PARA TOLERÂNCIA À SECA EM CASA DE VEGETAÇÃO

Discente: Mariana Roberta Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Sanches Stuchi

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)

2024

R484s

Ribeiro, Mariana Roberta
Seleção de variedades de copas de citros para tolerância à seca em casa de vegetação / Mariana Roberta Ribeiro. -- Jaboticabal, 2024
99 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Eduardo Sanches Stuchi
Coorientador: Eduardo Augusto Girardi

1. Análie multivariada. 2. Estresse vegetal. 3. Laranja.
4. Porta-enxerto. 5. Tangerina. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SELEÇÃO DE VARIEDADES DE COPAS DE CITROS PARA TOLERÂNCIA A SECA EM CASA DE VEGETAÇÃO

AUTORA: MARIANA ROBERTA RIBEIRO
ORIENTADOR: EDUARDO SANCHES STUCHI
COORIENTADOR: EDUARDO AUGUSTO GIRARDI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
EDUARDO AUGUSTO GIRARDI
Data: 19/07/2024 05:47:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. EDUARDO AUGUSTO GIRARDI (Participaçao Virtual)
Unidade Mista de Pesquisa e Transferencia de Tecnologia (UMIPTT) / Embrapa Mandioca e Fruticultura - Araraquara/SP

gov.br Documento assinado digitalmente
ABELMON DA SILVA GESTEIRA
Data: 19/07/2024 07:35:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Pesquisador Dr. ABELMON DA SILVA GESTEIRA (Participaçao V
Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical / Cruz das Almas/BA

gov.br Documento assinado digitalmente
DIRCEU DE MATTOS JUNIOR
Data: 22/07/2024 13:35:11-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Pesquisadora Dr. DIRCEU DE MATTOS JÚNIOR (Participaçao Virtual)
Centro de Citricultura (IAC) / Cordeirópolis/SP

Jaboticabal, 16 de julho de 2024

Impacto potencial desta pesquisa

Essa dissertação aborda a seleção de variedades de copas de citros que tem o potencial para tolerar a seca, frente a necessidade de diversificação de seleções comerciais e às mudanças de pluviosidade e temperatura do ar. A pesquisa objetiva não só contribuir para o conhecimento científico, mas também incluir aplicações práticas na citricultura. Espera-se, com esse trabalho, que as variedades selecionadas possam, no futuro, ser a escolha de produtores de citros, para produtividades satisfatórias em meio às adversidades climáticas.

Potential impact of this research

This dissertation addresses the selection of citrus scion varieties that have the potential to tolerate drought, given the need for diversification of commercial selections and changes in rainfall and air temperature. The research aims not only to contribute to scientific knowledge, but also to include practical applications in citrus farming. It is hoped that, with this work, the selected varieties may, in the future, be the choice of citrus producers, for satisfactory productivity amidst adverse climate conditions.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARIANA ROBERTA ROBEIRO – nascida em 22 de janeiro de 1999, na cidade de Pitangueiras – SP, é Engenheira Agrônoma, formada em janeiro de 2022, pelo Centro Universitário UNIAFIBE, Bebedouro-SP. Durante a graduação, no ano de 2021 foi bolsista de iniciação científica pelo CNPq e Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, em citricultura, integrando o grupo de pesquisas da Fundação Coopercitrus Credicitrus. Em março de 2022, ingressou na pós graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) na Unesp – Universidade Estadual de São Paulo "Júlio de Mesquita Filho', Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Eduardo Sanches Stuchi e coorientação do Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi. Durante o período do mestrado, foi bolsista DTI-C pelo CNPq durante um ano (2022) e bolsista CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) durante um ano e seis meses (2023-2024).

isso de querer ser
exatamente aquilo
que a gente é
ainda vai
nos levar além

- Paulo Leminski

Dedico aos meus pais, Quitéria e Donisete, e à minha irmã Mayra, por tudo que foram e são para mim e por terem me apoiado seja qual fosse minha escolha. Ao meu falecido orientador Dr. Eduardo Sanches Stuchi, que acreditou no meu potencial e me incentivou a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Sanches Stuchi (em memória), por todo o conhecimento e sabedoria transmitidos e por ter sido, acima de tudo, um grande amigo. Obrigada por tudo, eu sinto muito a sua falta.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi, por todos os ensinamentos e conhecimento transmitidos e por ter sido essencial desde o início e, principalmente na reta final, de forma acolhedora.

Ao pesquisador Dr. Alécio de Souza Moreira, por todo o auxílio com a escrita e com as análises estatísticas durante todo o mestrado.

Aos pesquisadores que se disponibilizaram para compor as bancas examinadoras do exame geral de qualificação e da defesa da dissertação: Dr. Abelmon da Silva Gesteira, Dr. Deived Uilian de Carvalho, Dr. Dirceu Mattos Júnior e Dr. Rinaldo César de Paula.

À Fundação Coopercitrus Credicitrus por todo o apoio técnico e pelo uso da casa de vegetação para o experimento. Para o diretor Oscar Franco Filho, todos os funcionários, especialmente para Élio e Gustavo (Guru).

A todos os bolsistas que participaram, de alguma forma desses dois anos e meio de experimentação: Alex, Bruno, Daniele, Diego, Felipe, José, Matheus, Mauro, Tatiane, Vitor e Wedson. Agradeço em especial à Marina, que me ajudou com inúmeras correções e estatísticas e que se tornou uma grande amiga; ao Giovanni, meu companheiro de trabalho, de perrengues e de noites adentro de avaliações; e ao Brendon, que foi bolsista e hoje é meu companheiro de vida.

À Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus Jaboticabal pela oportunidade de realizar a pós-graduação. Ao professor Rinaldo, pelos ensinamentos, ajuda e empréstimo de equipamentos e ao professor Arthur, por ter cedido o Laboratório de Produtos Hortícolas para análise de área foliar.

Ao Centro de Citricultura “Sylvio Moreira”, em especial ao Dr. Dirceu Mattos Júnior, pelo empréstimo de equipamentos para o experimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial – DTI-C.

À minha família por ter me dado todo o apoio e incentivo necessários para que eu chegasse até aqui.

Meu muito obrigado a todos vocês!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO....1
2. REVISÃO DE LITERATURA....3
2.1 Origem e classificação botânica....3
2.2 Importância socioeconômica....4
2.3 Variedades de copa....5
2.4 Variedades de porta-enxerto....7
2.5 Mudanças climáticas e impactos na citricultura....8
2.6 Tolerância ao déficit hídrico....10
3. MATERIAL E MÉTODOS....13
3.1 Material vegetal e manutenção geral de plantas....13
3.2 Condução das plantas e aplicação do déficit hídrico....15
3.3 Variáveis analisadas....16
3.3.1 Monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa....16
3.3.2 Tolerância visual ao déficit hídrico....17
3.3.3 Gravimetria e umidade no substrato....18
3.3.4 Comprimento do broto....18
3.3.5 Área foliar do broto....18
3.3.6 Índice de conteúdo de clorofila....19
3.3.7 Temperatura do dossel....19
3.3.8 Massa seca de raiz....20
3.4 Delineamento experimental e análises estatísticas....20
3.4.1 Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978)....22
3.4.2 Coeficiente de correlação de Pearson (1892)....23
3.4.3 Análise de componentes principais....24
4. RESULTADOS....25

4.1 Temperatura do ar e umidade relativa 25
4.2 Tolerância visual ao déficit hídrico 26
4.2.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’ 27
4.2.2 Limoeiro ‘Cravo’ 27
4.3 Gravimetria e umidade no substrato 29
4.3.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’ 32
4.3.2 Limoeiro ‘Cravo’ 33
4.4 Comprimento de broto 38
4.4.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’ 40
4.4.2 Limoeiro ‘Cravo’ 40
4.5 Área foliar do broto 42
4.5.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’ 44
4.5.2 Limoeiro ‘Cravo’ 44
4.6 Índice de conteúdo de clorofila 46
4.6.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’ 48
4.6.2 Limoeiro ‘Cravo’ 49
4.7 Temperatura do dossel 50
4.8 Massa seca de raiz 52
4.8.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’ 52
4.8.2 Limoeiro ‘Cravo’ 52
4.9 Índice de Mulamba e Mock (1978) 55
4.10 Coeficiente de Correlação de Pearson 58
4.11 Análise de Componentes Principais (ACP) 61
5. DISCUSSÃO 70
6. CONCLUSÕES 78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

APÊNDICES 97
APÊNDICE A.....97
APENDICE B 98
APENDICE C 99

SELEÇÃO DE VARIEDADES DE COPAS DE CITROS PARA TOLERÂNCIA À SECA EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO - Os citros estão entre as frutíferas mais cultivadas no mundo. Seus frutos são consumidos principalmente na forma de suco e *in natura*. Um dos fatores que afetam a produção de todas as culturas, incluindo os citros, é o déficit hídrico que, além de comprometer a produção, contribui para reduzir a vida útil dos pomares. Embora tradicionalmente se empreguem porta-enxertos tolerantes à seca e sistemas de irrigação para mitigação deste estresse, há carência de genótipos de copa que possam ter algum nível de tolerância ao déficit hídrico. Neste trabalho, avaliou-se, em condição controlada, a reação ao déficit hídrico de 23 genótipos de laranjeira-doce e tangerineira enxertados em dois porta-enxertos contrastantes em vigor e tolerância à seca, limoeiro 'Cravo' e trifoliata 'Flying Dragon'. Estes genótipos apresentaram anteriormente maior longevidade em cultivo de sequeiro mesmo enxertados em trifoliata 'Flying Dragon'. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Fundação Coopercitrus Credicitrus, Bebedouro-SP, nos anos de 2022 e 2023. As mudas foram acondicionadas em sacolas de 4,5 L e distribuídas em bancada de concreto. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados, em esquema de parcelas sub subdivididas, sendo 26 copas, 2 porta-enxertos e 2 regimes de irrigação com seis repetições de uma planta. As variedades controle foram: laranjeira 'Valência' [*Citrus* × *sinensis* (L.) Osbeck], tangerineira 'Ponkan' (*C. reticulata* Blanco) e limeira-ácida 'Tahiti' (*C. latifolia* Tanaka) O regime de irrigação foi definido em (i) irrigação diária com 500 mL por planta e (ii) suspensão total do fornecimento de água até a murcha visual. Dois experimentos foram avaliados, na primavera e outono, medindo-se: tempo para atingir a murcha visual (dias), área foliar do broto (cm²) e tamanho do broto (cm) após poda no início dos tratamentos, índice de conteúdo de clorofila (ICC) e medições gravimétricas. Em 2023, experimento de outono, avaliou-se ainda a massa seca de raiz e a temperatura do dossel das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (fator variedade de copa) e t de Student (fatores regime hídrico e porta-enxerto) a 5% de probabilidade. As variáveis foram comparadas em termos absoluto e relativo. Além disso, foi realizada a correlação entre caracteres e análise multivariada de componentes principais. As tangerineiras 'Burgess' e 'Ponkan' obtiveram as maiores médias de tempo para murcha (dias), independente do porta-enxerto empregado e do ano de avaliação. Por outro lado, a laranjeira 'Jaffa' apresentou baixa tolerância à seca em casa de vegetação sobre 'Flying Dragon' e 'Cravo' nos dois anos avaliados. A laranjeira 'Vidigueira' e tangerineira 'Yoshida' foram aquelas que, em média, perderam menos em comprimento de broto. A laranjeira 'Comum Resistente ao Frio', manteve uma grande área foliar mesmo tendo um maior tempo de murcha. Tangerineiras demonstraram menores índices de conteúdo de clorofila e área foliar do que laranjeiras. A formação de grupos distintos quanto à massa seca de raiz indicou que a copa de fato influenciou no crescimento do sistema radicular, sendo uma relação recíproca. O tempo para murcha aparente foi uma variável inversamente relacionada com a maioria das variáveis biométricas, corroborando que poderia ser um critério adicional para a seleção rápida de genótipos de citros para déficit hídrico. Conclui-se

que as copas de laranjeiras ‘Jaffa’ ‘Bidewells Bar’ ‘Caprichosa’ e ‘Pera Vidigueira’ e tangerineiras ‘Carvalhais 173’ ‘Carvalhaes 178’ foram as mais tolerantes ao déficit hídrico em casa de vegetação e apresentam potencial para avaliação em condições de campo.

Palavras-chave: análise multivariada, estresse vegetal, laranja, porta-enxerto, tangerina.

SELECTION OF CITRUS SCION VARIETIES FOR DROUGHT TOLERANCE IN GREENHOUSE

ABSTRACT - Citrus is among the most cultivated fruit trees in the world. Its fruits are mainly consumed in the form of juice and fresh. One of the factors that affect the production of all crops, including citrus, is water deficit which, in addition to compromising production, contributes to reducing the useful life of orchards. Although drought-tolerant rootstocks and irrigation systems are traditionally used to mitigate this stress, there is a lack of scion genotypes that may have some level of tolerance to water deficit. In this work, the reaction to water deficit of 23 genotypes of sweet orange and tangerine grafted on two rootstocks contrasting in vigor and drought tolerance, 'Cravo' lemon and 'Flying Dragon' trifoliate, were evaluated under controlled conditions. These genotypes previously showed greater longevity in rainfed cultivation even when grafted onto ‘Flying Dragon’ trifoliate. The experiment was conducted in a greenhouse, at Fundação Coopercitrus Credicitrus, Bebedouro-SP, in the years 2022 and 2023. The nursery trees were placed in 4.5 L bags and distributed on a concrete bench. The experimental design was carried out in randomized blocks, in a split split-plot scheme, with 26 scions, 2 rootstocks and 2 irrigation regimes with six replications of a plant. The control varieties were: 'Valencia' orange [Citrus × sinensis (L.) Osbeck], 'Ponkan' mandarin (C. reticulata Blanco) and 'Tahiti' acid lime (C. latifolia Tanaka) The irrigation regime was defined in (i) daily irrigation with 500 mL per plant and (ii) complete suspension of water supply until visual wilting. Two experiments were evaluated, in spring and autumn, measuring: time to reach visual wilting (days), shoot leaf area (cm²) and shoot size (cm) after pruning at the beginning of treatments, chlorophyll content index (ICC) and gravimetric measurements. In 2023, an autumn experiment, the root dry mass and canopy temperature of the plants were also evaluated. The data were subjected to analysis of variance and the means were grouped using the Scott-Knott test (crown variety factor) and Student's t test (water regime and rootstock factors) at 5% probability. The variables were compared in absolute and relative terms. In addition, correlation between characters and multivariate analysis of principal components were performed. The ‘Burgess’ and ‘Ponkan’ mandarin trees had the highest average time for wilting (days), regardless of the rootstock used and the year of evaluation. On the other hand, the orange tree 'Jaffa' showed low tolerance to drought in a greenhouse compared to 'Flying Dragon' and 'Cravo' in the two years evaluated. The orange tree ‘Vidigueira’ and mandarin tree ‘Yoshida’ were those that, on average, lost less in shoot length. The ‘Comum Resistente ao Frio’ orange tree maintained a large leaf area despite having a longer wilting time. Tangerine trees demonstrated lower levels of chlorophyll content and leaf area than orange trees. The formation of distinct groups regarding root dry mass indicated that the scion actually influenced the growth of the root system, being a reciprocal relationship. The time to apparent wilting was a variable inversely related to most biometric variables, corroborating that it could be an additional criterion for the rapid selection of citrus genotypes for water deficit. It is concluded that the crowns of orange trees 'Jaffa' 'Bidewells Bar' 'Caprichosa' and 'Pera Vidigueira' and mandarin trees 'Carvalhais 173' 'Carvalhaes 178' were the most tolerant to water deficit in a greenhouse and present potential for evaluation in field conditions.

Keywords: Multivariate analysis, orange, plant stress, rootstock, tangerine.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Citrus*, pertencente à família das Rutáceas e à subfamília Aurantioideae, é um importante grupo dentre as frutíferas mais cultivadas no mundo. Seus frutos são consumidos *in natura* e, principalmente, na forma de suco, mas também são ingredientes nas indústrias farmacêutica, química, alimentícia e de cosméticos (Inglese e Sortino, 2019).

A necessidade hídrica dos citros pode variar de 900 a 1200 mm por ano, dependendo do solo, da demanda de evapotranspiração e, principalmente, das variedades de copa e porta-enxerto (Donato et al., 2007). O fornecimento de água limita a planta de maneiras diferentes em casa fase, como na fase de floração, fixação e desenvolvimento de frutos, por exemplo (Fundecitrus 2019, 2021b, 2022). O déficit hídrico é um dos fatores que afetam o desenvolvimento das plantas de citros em todo o mundo. Em condições de escassez de água, há um conflito entre a conservação de H_2O e a assimilação de CO_2, resultando na diminuição da transpiração, aumento da resistência estomática e, por conseguinte, redução do crescimento das plantas (De Oliveira, 2017; Coelho Filho et al., 2011) e produção de ácido abscísico (Santana-Vieira et al., 2016) As plantas possuem estratégias fisiológicas para tolerar o déficit hídrico, como uma maior absorção de água para retenção nas células (Blum, 2005), a redução da área foliar e a maior exploração do solo por meio do sistema radicular (Nguyen et al., 1997), entre outros mecanismos.

Apesar de haver grande variabilidade fenotípica entre cultivares e clones das espécies cítricas cultivadas, a base genética é estreita, e comercialmente emprega-se uma quantidade reduzida de cultivares de copa e porta-enxerto. A limitada exploração das combinações cítricas resulta em uma maior vulnerabilidade das plantas a patógenos (Bastos et al., 2014) e às adversidades climáticas, notadamente à seca (Zulian et al., 2013).

A obtenção de estudos relacionados à interação do genótipo com o meio é de considerável importância, pois a maioria das características de interesse agronômico é influenciada não apenas pelos genes e segregação fenotípica, mas também pelos efeitos ambientais e pela interação genótipo × ambiente (Boava, 2004). Geralmente, em condições de campo, os porta-enxertos mais vigorosos têm características

fisiológicas e de raízes que induzem maior tolerância à seca do que porta-enxertos nanicos (Santos et al., 2019; Pompeu Junior, 2005). No entanto, a variedade copa também influencia na combinação de enxertia de modo a promover o crescimento do sistema radicular (Pompeu Junior, 2005). Em recipientes, a situação contrária ocorre, pois a restrição do volume radicular resulta em estresse mais rápido em combinações mais vigorosas, as quais esgotam mais rapidamente a água disponível (Neves et al., 2017; Santana-Vieira et al., 2016; Girardi, et al., 2018). Vale salientar que características da raiz, como o comprimento e densidade influenciam diretamente na tolerância ao déficit hídrico (Arunyanark et al., 2009) e raízes mais vigorosas absorvem água mais rapidamente.

Nesse sentido, a comparação de combinações copa/porta-enxerto contrastantes pode ser um critério de seleção para identificar precocemente genótipos mais tolerantes à seca em casa de vegetação, visando sua posterior validação em campo, pois as respostas em ambiente limitado e ilimitado diferem. Além disso, o uso de variáveis assertivas e diretas pode diminuir o tempo de seleção. Portanto objetiva-se: 1) obtenção de variáveis rápidas e assertivas que podem auxiliar na seleção rápida de genótipos tolerantes à seca; e 2) selecionar variedades de copas de citros com potencial para tolerância à seca em casa de vegetação.

Com esse objetivo, avaliaram-se 23 genótipos de laranjeira-doce e tangerineira com potencial para tolerância ao déficit hídrico enxertados em dois porta-enxertos contrastantes para vigor e tolerância à seca. O estudo ocorreu em casa de vegetação, onde uma série de variáveis (tolerância visual ao déficit hídrico, gravimetria de plantas, comprimento de broto, área foliar de broto, índice de conteúdo de clorofila, temperatura do dossel e massa seca de raiz) foram avaliadas com possíveis indicadoras da tolerância à seca que permitissem uma seleção simples e rápida, mas assertiva sobre o potencial de cada combinação copa/porta-enxerto para posterior avaliação de variáveis fisiológicas mais complexas e estudo em campo como validação da seleção inicial proposta. Esse critério de seleção poderá auxiliar o melhorista no processo de decisão mais rápida sobre genótipos para seguir em avaliação nos programas de melhoramento genético de citros que obtêm centenas a milhares de híbridos, clones e linhagens regularmente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e classificação botânica

As evidências atuais indicam que as espécies economicamente mais importantes do gênero *Citrus* são originadas de uma área entre Assam, uma província no nordeste indiano, o norte do Mianmar e Yunnan, uma província no sudoeste da China (Wu et al., 2018). No entanto, há outros centros de origem para algumas espécies, como Austrália (Swingle e Reece, 1967; Beattie et al., 2009), Tailândia (Scora, 1988) e sudeste e norte da China (Zhang, 1982). Devido à possibilidade de hibridização natural entre a maioria das espécies e a grande ocorrência de mutações espontâneas, existe uma ampla variedade fenotípica entre as cultivares atuais, o que torna a taxonomia dos citros muito complexa (Spiegel-Roy; Goldschmidt, 2008).

Segundo Swingle (1943) e Swingle & Reece (1967), o gênero *Citrus* pertence à família Rutaceae e à subfamília Aurantioidea, sendo subdividido em duas tribos: Clauseneae e Citreae, sendo esta última a que contém os citros considerados verdadeiros. Tanaka (1961) classificou o gênero *Citrus* em 162 espécies, se baseando em estudos de distribuição geográfica e botânicos. A taxonomia desse gênero está sendo progressivamente esclarecida, especialmente devido aos estudos envolvendo marcadores moleculares e sequenciamento de genoma (De Oliveira, 2014). Mais recentemente, consideram-se três espécies ancestrais do gênero (Wu et al., 2018): *C. medica* L., *C. reticulata* e *C. maxima* (Burm.) Merr. com base em análises de polimorfismo morfológico e bioquímico (Scora, 1975; Barrett e Rhodes, 1976) e em adicional, *C. micrantha* baseado em estudos com marcadores moleculares com o emprego de polimorfismo de comprimento de fragmento de restrição (Federici et al., 1998), DNA polimórfico amplificado aleatoriamente, regiões amplificadas caracterizadas por sequência (Nicolosi et al., 2000), repetição de sequência simples (Barkley et al., 2006), inserção-deleção (García-Lor et al., 2012) e polimorfismo de nucleotídeo único (Ollitraut et al., 2012).

Muitos grupos e espécies de *Citrus* têm importância econômica, com destaque no Brasil para as laranjeiras-doces [*Citrus* × *sinensis* (L.) Osbeck], as tangerineiras representadas por diversas espécies, os limoeiros verdadeiros [*Citrus* × *limon* (L.)

Burm. f.] e as limeiras-ácidas ‘Tahiti’ [*C.* × *latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] e ‘Galego’ (*C.* × a*urantiifolia*) (Machado et al., 2005). Os genótipos de citros diferem em relação ao tamanho, formato e hábito de crescimento das árvores, folhas, flores, sementes e frutos, presença ou não de espinhos em ramos, tempo de maturação de frutos, morfologia geral de atributos internos e externos dos frutos, entre outros. Além das variações entre espécies e variedades dentro da espécie, existem ainda muitas seleções e clones da mesma variedade, como a laranjeira ‘Pera’, que tem muitos clones que apresentam características singulares e adaptações para determinadas regiões (Girardi et al., 2021).

2.2 Importância socioeconômica

Atualmente, o maior produtor de laranjas-doces no mundo é o Brasil, com uma produção de 16,9 milhões de toneladas do fruto em 2022 (FAO, 2023a). Em relação às tangerinas e ao grupo das limas e limões, a produção foi de aproximadamente 1,1 e 1,6 milhões de toneladas nesse mesmo ano, respectivamente. Quanto a esses grupos de variedades, o país ocupa o quinto lugar em produção no ranking mundial dos dois grupos (FAO, 2023bc).

O cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro é a maior região produtora de laranja-doce no país, gerando uma produção de 12,5 milhões de toneladas na safra 2023/24, encerrada em abril (Fundecitrus, 2024a). Para a próxima safra, estão estimadas mais de 9 toneladas, representando um decréscimo de 24,36% em relação à safra anterior especialmente devido a problemas climáticos como seca e altas temperaturas, além de danos por doenças e pragas (Fundecitrus, 2024b).

A produção do suco de laranja é o destaque na cadeia citrícola do Brasil, com a exportação na última safra (jun/2022 a jun/2023) de 697.598 toneladas de FCOJ (Frozen and Concentrated Orange Juice) e 330.982 toneladas de NFC (Not From Concetrate) em toneladas equivalentes de FCOJ, gerando uma receita de US$ 2.037.870.666 (CITRUSBR, 2023). Os principais destinos do suco são Europa (52,8%), Estados Unidos (31,6%) e China (7,8%).

No mundo, entre os anos de 1980 e 2019, a produção de frutas cítricas esteve predominante no grupo das laranjas-doces. Entretanto, outras espécies e grupos foram se destacando, com a produção dobrando a cada duas décadas, como as tangerinas e híbridos, além das limas-ácidas e limões (Girardi et al., 2021). A produção de tangerinas e híbridos em 1980 foi de 8.661.389 toneladas, chegando a 18.614.685 toneladas em 2000 e 42.431.495 toneladas em 2020; enquanto a produção de limas ácidas e limões saiu de 5.136.744 toneladas em 1980 para 10.830.377 toneladas em 2000 e 21.546.659 toneladas em 2020 (FAO, 2023ab)

Para a safra mundial de tangerinas 2022/23, estimou-se um decréscimo de 1,2 milhões de toneladas, totalizando 36,6 milhões de toneladas, em decorrência das adversidades climáticas ocorridas na China, Turquia e Marrocos. Para as laranjas, houve uma queda de 5%, chegando a 47,5 milhões de toneladas, com a produção alta no Egito compensando parcialmente a queda de produção na Europa e EUA (USDA,2023). No Brasil, a produção de tangerinas no ano de 2022 foi de mais de 1 milhão de toneladas em 56 mil hectares, com a maioria concentrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná, com produções de 369 mil, 225 mil, 189 mil e 153 mil toneladas, respectivamente As variedades de tangerineira mais plantadas são o tangor ‘Murcott’ (5.810 hectares) e a tangerineira ‘Ponkan’ (5.065 hectares) (IBGE, 2023).

Em 2023, dentre os principais setores que mais geraram empregos no agronegócio brasileiro, se destacou a citricultura. De acordo com os dados do Caged (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados) e compilados pela CITRUSBR (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos), somente a colheita de laranja criou 54.232 novos empregos. Somente no cinturão citrícola, foram geradas 47.222 vagas (87% do total), sendo 41.357 somente no estado de São Paulo (Ministério do Trabalho, 2023; CITRUSBR, 2024).

2.3 Variedades de copa

Os representantes do gênero mais cultivados como variedades de copa comerciais são toranjas [*C. maxima* (Burm.) Merr.], pomelos (*C.* × *paradisi* Macfad.), limões [*C.* × *limon* (L.) Burm. f.], limas-ácidas [*C.* × *aurantiifolia* (Christm.) Swingle e

C. × *latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], laranjas-doces (*C.* × *sinensis* (L.) Osbrck) e tangerinas (*C. reticulata* Blanco e *C.* × *deliciosa* Ten) (Barry et al., 2002). Apesar de existirem centenas de variedades de laranjeiras conhecidas no mundo, menos de duzentas são cultivadas comercialmente no Brasil, sendo apenas seis delas responsáveis por mais de 90% da produção total (Girardi et al., 2021). Essa predominância se dá na maioria das áreas citrícolas, especialmente no estado de São Paulo, onde as condições edafoclimáticas favorecem o cultivo comercial (Pio et al., 2005).

Entre as variedades de laranjeira mais produzidas no Brasil estão ‘Valência’ e ‘Valência Folha Murcha’; ‘Pera Rio’; ‘Hamlin’, ‘Westin’ e ‘Rubi’; e ‘Natal’, produzindo aproximadamente 4,3; 3,9; 2,3 e 1,1 milhões de toneladas, respectivamente, na safra de 2023/24, somente no cinturão citrícola (Fundecitrus, 2024a). Quanto às tangerinas, as mais plantadas são ‘Murcott’ e ‘Ponkan’, ocupando mais de 12 mil hectares no cinturão citrícola (Fundecitrus, 2023). As tangerineiras e híbridos constituem um grupo diversificado e apresentam grande adaptabilidade a várias regiões pelo mundo (Saunt, 1990), mas, no Brasil seu uso é muito restrito.

A necessidade de diversificação das variedades de laranjeira-doce e outros citros no país foi evidenciada já na década de 1990, quando se avançou na caracterização de variedades disponíveis em Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), onde a variabilidade genética existente não pode ser desconsiderada (Donadio et al., 1999). No entanto, para que novas variedades sejam desenvolvidas em programas de melhoramento, deve-se buscar uma série de características desejáveis, tanto para porta-enxerto, quanto para copas. No melhoramento de copas para frutos de mesa, buscam-se cultivares que produzam frutas fáceis de descascar, com poucas ou sem sementes, saborosas, com teor de sólidos solúveis elevado, acidez equilibrada e com cores intensas na polpa e na casca. Para frutos destinados à indústria, buscam-se principalmente maior produção de sólidos solúveis e maior porcentagem de suco. Para ambas as situações, a ampliação do período de colheita é visada (Oliveira et al., 2011ab; Spiegel-Roy e Goldschmidt, 2008).

Além de características desejáveis nos frutos e produção, buscam-se variedades de copa tolerantes à fatores bióticos e abióticos (Brandão, et al., 2021; Gurgel et al., 2024; Rodrigues et al., 2020; Silva et al., 2023; Stuchi et al., 2020), mas

ainda há carência de estudos visando características de tolerância ao déficit hídrico em cultivares de copa.

2.4 Variedades de porta-enxerto

O uso de porta-enxertos visa principalmente à compatibilidade de enxertia com as cultivares de copa, redução de porte da copa, tolerância e/ou resistência a estresses bióticos e abióticos, além da indução de altas produtividade e qualidade de frutos, entre outros atributos (De Oliveira et al.,2014; Pompeu Junior, 2005). O porta-enxerto empregado influencia diretamente na copa, em crescimento, produção e qualidade do suco de laranjeira (Castle et al., 2010).

Desde os anos 2000, os porta-enxertos mais utilizados no Brasil são o limoeiro 'Cravo' (*C.* × *limonia* Osbeck), as tangerineiras 'Cleópatra' (*C. reshni* hort. ex Tanaka) e 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka) e o citrumeleiro 'Swingle' [*C.* × *paradisi* Macfad. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] (Carvalho et al., 2019). Em 2020, a proporção era de 55% dos pomares do estado de São Paulo enxertados em citrumeleiro 'Swingle', 27% em limoeiro 'Cravo', 9% em tangerineira 'Sunki' e 3% em trifoliata 'Flying Dragon' (*P. trifoliata* L. var. *monstrosa* T. Itô) (Coordenadoria De Defesa Agropecuária Do Estado De São Paulo, 2020).

O limoeiro 'Cravo' foi inicialmente utilizado como principal porta-enxerto devido à tolerância à tristeza dos citros (Müller et al., 2005), além de possuir características de compatibilidade às diversas variedades de copa, alta tolerância ao déficit hídrico e indução de maiores e mais precoces produções (Roncatto, 2021), tendo vigor elevado, inclusive no sistema radicular (Pompeu Junior, 2005). Há diversos estudos onde o limoeiro 'Cravo' se mostrou mais tolerante ao déficit hídrico (Carvalho et al., 2016; Soares et al., 2015). Silva et al (2023) observaram que, entre 26 porta-enxertos de citros sob limeira-ácida 'Tahiti', aqueles que mais se destacaram em tolerância ao déficit hídrico foram três seleções de limoeiro 'Cravo'. A condição do limoeiro 'Cravo' de aguentar mais o déficit hídrico vem do alto ajuste osmótico, o que evita a desidratação (Santana-Vieira et al., 2016). Em contrapartida, esse porta-enxerto é suscetível à morte súbita dos citros (MSC), ao declínio, ao nematóide dos citros (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb.), à exocorte, à xiloporose e à verrugose (Oliveira

et al., 2008), além da indução da produção de frutos com uma qualidade inferior, quando comparado a porta-enxertos como a tangerineira ‘Sunki’ [C. sunki (Hayata) hort. ex Tanaka] (Carvalho et al., 2016).

Em condição oposta ao ‘Cravo’, tem-se o trifoliata ‘Flying Dragon’. Este porta-enxerto teve seu uso intensificado no Brasil com a limeira-ácida Tahiti desde os anos 2000 (Stuchi, et al., 2003), devido às características de indução de plantas com menor porte (nanismo), produção de frutos de alta qualidade nas copas utilizadas e resistência ou baixa susceptibilidade a doenças importantes como a morte súbita, tristeza e gomose-de-phythophtora (Pimentel, et al., 2014; Girardi et al., 2021). Entretanto, o ‘Flying Dragon’ requer adensamento de plantio e irrigação para demonstrar todo o seu potencial produtivo, pois é muito intolerante à seca (Rodrigues et al., 2016; Stuchi et al., 2012). Vale destacar que a condição nanicante do trifoliata ‘Flying Dragon’ vem, entre outras causas, da alta concentração de ácido abscísico (ABA), inibidor do desenvolvimento presente em cítricos (Stuchi, 2017).

2.5 Mudanças climáticas e impactos na citricultura

A agricultura, de um modo geral, sofre impactos vindos de diversos fatores, como as condições climáticas regionais, por exemplo (Piedra-Bonilla et al., 2020). Entre esses fatores climáticos, estão a temperatura do ar e o déficit hídrico. A temperatura do ar afeta a transpiração e a respiração, determinando a duração das fases fenológicas, enquanto o déficit hídrico afeta vários processos fisiológicos, incluindo a fotossíntese (Andrade e Zapata, 2019; Chengappa., 2017; Huang et al., 2020; Jödicke et al., 2020). O cenário sobre déficit hídrico se agrava quando consideramos o fato de que as mudanças climáticas em curso deverão ter impactos significativos em todos os sistemas agroalimentares. Segundo o 6º Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas do IPCC (2021), aproximadamente 10% da área considerada satisfatória para o cultivo das principais culturas estará climaticamente insatisfatória até metade do século, devido à alta emissão de gases e aumento de temperatura.

A deficiência no fornecimento de água atinge negativamente o crescimento e desenvolvimento dos citros, resultando em prejuízos no rendimento devido à severa

interferência nos processos vegetativos e reprodutivos (Vincent et al., 2020). Há diferenças na necessidade hídrica dos citros de acordo com a fase de desenvolvimento. Em pomares jovens, por exemplo, há uma necessidade maior de água pois plantas novas armazenam menos água em comparação com plantas adultas e, além disso, possuem menor capacidade de reduzir a perda de água através do fechamento de estômatos (Kriedemann & Barrs, 1981). Fares et al. (2017) apontaram que aumentos na temperatura também afetam diretamente na exigência hídrica e necessidade de irrigação nos citros. Os mesmos autores ressaltam a importância de se buscar alternativas para lidar com as mudanças climáticas.

Dentre todos os estresses ambientais que as plantas podem sofrer, o hídrico é o que mais acarreta efeitos negativos, tanto em seu crescimento quanto no desenvolvimento e consequentemente na produção e produtividade (Ciais et al., 2005). Essas alterações interferem negativamente na produção agrícola, favorecendo o aumento expressivo da erradicação de pomares cítricos, a exemplo daquela identificada no ano de 2021 (Fundecitrus, 2021a).

Das nove safras fechadas e monitoradas pelo Fundecitrus (2015/2016 até 2023/2024), houve queda da produção de frutos em quatro delas principalmente por fatores climáticos: florescimento tardio por conta do atraso na precipitação e altas temperaturas que prejudicaram o pegamento de frutos na safra de 2018/2019; o clima desfavorável contínuo prejudicou a fixação de frutos recém formados, além da influência do fenômeno La Niña na fase de desenvolvimento dos frutos, na safra de 2019/2020; as geadas e a redução drásticas das chuvas aumentou a queda prematura de frutos na safra de 2021/2022; e um déficit de precipitação no segundo semestre de 2023 aliado ao Huanglongbing reduziu a produção na safra 2023/2024 (Fundecitrus 2019, 2021b, 2022, 2024a).

Existem diversos estudos sobre a mitigação de perdas na cultura dos citros relacionadas às mudanças climáticas. Buscam-se desde análises preditivas mais precisas e ferramentas para pesquisas agroclimáticas (Rasera et al., 2023ab), cultivares mais tolerantes (Caputo et al., 2012; Costa et al., 2020a; Cristofani-Yaly et al., 2007; Gonçalves et al., 2016; Silva et al., 2023; Teodoro et al., 2022), até o uso de diversas técnicas de irrigação e conservação de água no solo (Mourão Filho et al.,

2007; Girardi et al., 2018), além do uso de protetores (De Matos Roda et al., 2023) e bioestimulantes (Santos e Carvalho, 2021).

A ampliação do número de combinações entre copas e porta-enxertos é de extrema importância, pois a citricultura brasileira está exposta à ocorrência de diversos estresses bióticos e abióticos, mas emprega poucas variedades. Para manter os rendimentos atuais, da ordem de praticamente 20 milhões de toneladas (FAO, 2023abc), é crucial ampliar a base genética e o número de variedades de copa e de porta-enxerto com capacidade de tolerância e adaptação a déficit hídrico (Schnor et al., 2006; Brito et al., 2008). A combinação de novos genótipos superiores aos genótipos já utilizados pode ser oportuna para a tolerância ao déficit hídrico, ainda que em condições limitantes (de Sousa et al., 2024).

2.6 Tolerância ao déficit hídrico

A tolerância ao déficit hídrico em plantas cítricas deriva de alterações na fisiologia da planta, que vão desde a condutância estomática e hidráulica até o potencial hídrico das folhas, acúmulo de solutos e características do sistema radicular (Romero et al., 2006; García-Sànchez et al., 2007; Rodríguez-Gamir et al., 2011). Os genótipos que conferem diferenças nas respostas ao déficit hídrico podem se tornar interessantes para o uso nos programas de melhoramento genético (Nogueira et al., 2001).

Em condições de campo, plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ demonstram maior tolerância ao déficit hídrico, o que pode estar relacionado ao próprio sistema radicular e não apenas às características passadas à copa. Em condições de vaso, onde o ambiente é limitado, isso não se manifesta (Medina et al., 1998). Os mesmos autores constataram também a indução de maior tolerância à seca nas copas pelo porta-enxerto trifoliata, em ambiente com volume radicular limitado. Então, em outras palavras, em condições de vaso ou sacola, a tolerância ao déficit hídrico é diferente do que é observado em campo.

As respostas dos genótipos podem ser mensuradas por indicadores fisiológicos e morfológicos, como a formação de fitomassa, por exemplo (Cerqueira et al., 2004; Konrad et al., 2005; Donato et al., 2007; Martins et al., 2008). O conhecimento da ação

do ambiente na manifestação de características em um fenótipo possibilita a melhora da seleção de genótipos superiores (Marchioro et al., 2005). Outras respostas à seca podem ser observadas através do enrolamento do limbo foliar, expansão da área foliar e turgescências das folhas (Cantuarias-Avilés et al., 2011).

Em resposta ao déficit hídrico, as plantas buscam minimizar a perda de água através do fechamento dos estômatos, quando submetidas ao déficit hídrico. Simultaneamente, a fotossíntese é prejudicada, pois a captação de gás carbônico é diminuída (Pinheiro e Chaves, 2011). Isso resulta na restrição do acúmulo de massa, limitando o número e tamanho de folhas e taxas de crescimento de ramos e caules (Silva, 1998; Osório et al., 1998). As variáveis colorimétricas avaliadas em folhas, como as da laranjeira 'Folha Murcha', também foram diretamente relacionadas à tolerância à seca, onde folhas com tons mais amarelados, ou seja, menos clorofila, indicaram porta-enxertos menos tolerantes à seca (Cantuarias-Avilés et al., 2011), assim como se relatou na limeira-ácida 'Tahiti' (Cantuarias-Avilés et al., 2012).

A relação entre a temperatura do dossel da planta e a disponibilidade de água, utilizando a termometria infravermelha, também é explorada (Idso et al., 1981; Clawson e Blad, 1982; García- Tejero et al., 2011; Gonzalez-Dugo et al., 2013; Blanco et al., 2023; Mertens et al., 2023. As plantas sob estresse hídrico tendem a apresentar uma maior temperatura foliar se comparadas às plantas sem déficit hídrico, sendo possível a identificação via análise de imagem térmica (Testi et al., 2008; Vieira e Ferrarezi, 2021).

Considerando que um dos mecanismos de resposta ao déficit hídrico é o desenvolvimento do sistema radicular para maior área de absorção de água, o acúmulo de massa seca de raiz auxilia na detecção de plantas tolerantes à seca, como afirmado por Cerqueira et al. (2004) e corroborado por Soares et al. (2015). Avaliações do sistema radicular (Rodrigues et al., 2015) e diâmetros do caule, tanto do porta-enxerto quanto da copa, também são caracteres associados à tolerância à seca em citros (Soares et al., 2015). Todos esses fatores são influenciados pela umidade no solo/substrato (Fochesato et al., 2007). Nesse sentido, espera-se que avaliações do crescimento do sistema radicular permitam determinar se a copa influenciou no desenvolvimento do sistema radicular e, consequentemente, na capacidade de absorção de água e tolerância à seca.

Em trabalho conduzido em casa de vegetação Girardi et al. (2018) observaram que plantas de laranjeira-doce enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e citrumelo ‘Swingle’ demonstraram respostas diferentes quanto a análises fisiológicas, biométricas e bioquímicas quando submetidas a irrigação ou em irrigação com déficit regulado (Regulated deficit irrigation- RDI). Os mesmos autores afirmam ainda que, nessas condições, o limoeiro ‘Cravo’ apresenta mecanismos de adaptação em resposta ao déficit hídrico, como aumento da proporção entre raiz e broto e menor potencial hídrico foliar.

Por ser uma manifestação complexa e com diversas características, a tolerância à seca exige que uma abordagem integradora, seja para identificar de que modo um determinado genótipo se adapte melhor ao déficit hídrico (Miranda et al., 2021), seja para determinar que variáveis podem ser importantes para a compreensão dos processos fisiológicos das plantas durante um estresse, como o acúmulo de carboidratos (Hoekstra et al., 2011), teor de açúcares (Rosa et al., 2005), e teor de prolina (Santos e Carvalho, 2021) por exemplo. Seleções que se valham de variáveis indicadoras de fácil medição, mas boa relação com tolerância à seca, são interessantes especialmente nas etapas iniciais de melhoramento genético.

Visto que algumas alterações morfológicas, como a redução da área foliar estão entre as principais mudanças visíveis em plantas sofrendo o déficit hídrico (Paula et al., 2012), a fenotipagem se torna algo essencial para a seleção rápida e preliminar de plantas que possam tolerar essa condição, principalmente em culturas perenes, como o eucalipto (Mendes, 2015) e o café arábica (Silva et al., 2019).

A compreensão desses indicadores é crucial para identificar e selecionar plantas adaptadas a condições de déficit hídrico, contribuindo assim para estratégias eficazes de manejo em função das crescentes e significativas variações observadas no fornecimento de água nas principais regiões de cultivo de citros no mundo. Embora a maioria dos estudos tenham focado na contribuição do porta-enxerto, a capacidade da variedade copa em tolerar a seca também deve ser considerada e é muito pouco estudada em citros.

Variedades de copas de citros que demonstram tolerância ao déficit hídrico em campo podem alternativas para ampliação do número de genótipos empregados comercialmente no Brasil e no mundo. Portanto, neste trabalho, avaliaram-se 23

variedades de copas de citros enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e trifloiata ‘Flying Dragon’ e mantidas sob irrigação e déficit hídrico quanto á tolerância visual ao déficit hídrico, gravimetria, comprimento de broto, área foliar, índice de conteúdo de clorofila, temperatura do dossel e massa seca de raiz, tendo em vista a seleção de variedades tolerantes ao déficit hídrico e ainda, constatar quais variáveis possam auxiliar de maneira mais assertva e rápida na seleção entre um grande número de genótipos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal e manutenção geral de plantas

Para avaliar a reação de plantas ao déficit hídrico numa tentativa de seleção precoce de genótipos, conduziu-se um experimento em casa de vegetação com tela antiafídica nas dependências da Fundação Coopercitrus Credicitrus (20º 53' 16" S; 48º 28' 11" W; 601 m de altitude). Foram enxertadas 26 variedades copa (Tabela 1), sendo 17 laranjeiras [*Citrus* × *sinensis* (L.) Osbeck], seis tangerineiras (*Citrus reticulata* Blanco) e três testemunhas, com borbulhas coletadas de plantas livres de sintomas visuais de doenças e mantidas a campo em condições de sequeiro. As variedades de laranjeiras e tangerineiras selecionadas variam sua maturação entre precoce, meia estação e tardia (Da Silva et al., 2017; Girardi et al., 2017; UCR, 2024; Reuther et al., 1967). As borbulhas dos tratamentos controle (laranjeira ‘Valência IAC’, tangerineira ‘Ponkan IAC’ e limeira-ácida ‘Tahiti IAC’) foram coletadas em matrizes no Banco Ativo de Germoplasma da Fundação Coopercitrus Credicitrus. O restante das borbulhas (oriundas do campo) foram enxertadas em tangerineira ‘Sunki Tropical’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] para observação de sintomas visuais de doenças em telado após a enxertia. A ausência de sintomas foi confirmada para utilização das variedades no experimento, multiplicando-se borbulhas a partir dessas plantas mantidas em telado.

Tabela 1. Nome, tipo, origem e acrônimo de 26 variedades de copa de laranjeira-doce, tangerineira e limeira-ácida e dois variedades de porta-enxerto selecionados para o experimento. Bebedouro, 2022.

Designação no BAG	Nome resumido	Acrônimo	Tipo de Citros	Origem

Pera Vidigueira (Sr. Antunes)	Vidigueira	PV	Laranja doce	Portugal
Jaffa	Jaffa	JF	Laranja doce	Portugal
Belladona	Belladona	BD	Laranja doce	Itália
Valencia Late Burjasot IVIA-35-2	Burjasot	VLJ	Laranja doce	IVIA
Seleta Tardia	Seleta	ST	Laranja doce	Portugal
Berna Peret IVIA 336	Berna Peret	BP	Laranja doce	IVIA
Valência Campbell	Campbell	VC	Laranja doce	Itália
Tua - 333	Tua	LT	Laranja doce	Portugal
CCC – 029 – Caprichosa	Caprichosa	29	Laranja doce	Argentina
CCC – 413 – Valencia Bertoni	Bertoni	413	Laranja doce	Argentina
CCC – 423 – Rhode Red nuc.	Rhode Red	423	Laranja doce	Argentina
CCC – 584 – Crescent	Crescent	584	Laranja doce	Argentina
CCC – 602 – Comum Resistente ao frio	Comum Frio	602	Laranja doce	Argentina
Finike (M7)	Finike	FM7	Laranja doce	IAC/FCC
Bidewells Bar (M9)	Bidewells	BM9	Laranja doce	IAC/FCC
Nota 10 (P6 Fermino)	Nota 10	L10	Laranja doce	Mahle
Valência do Cerrado	Cerrado	VCR	Laranja doce	FCC
Valência IAC	Valência	VL	Laranja doce	IAC
Carvalhais 170	Carvalhais 170	170	Tangerina	Portugal
Carvalhais Vidigueira 173	Carvalhais 173	173	Tangerina	Portugal
Carvalhaes 178	Carvalhaes 178	178	Tangerina	Portugal
Burgess SRA 412	Burgess	MB	Tangerina	Córsega
Wallent SRA 438	Wallent	MW	Tangerina	Córsega
Ponkan Yoshida SRA 585	Yoshida	MPY	Tangerina	Córsega
Ponkan IAC	Ponkan	PK	Tangerina	IAC
Tahiti IAC	Tahiti	TH	Lima-ácida	IAC
Porta-enxerto	Nome resumido	Acrônimo	Tipo de Citros	Origem
'Cravo'	Cravo	LC	Limão	Viveiro Comercial
'Flying Dragon'	Flying Dragon	FD	Trifoliata	Viveiro Comercial

FCC: Fundação Coopercitrus Credicitrus; IAC: Instituto Agronômico de Campinas; IVIA: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias; SRA: Station de Recherches Agronomiques.

Plantas de laranjeira ‘Valência’ IAC [*C.* ×*sinensis* (L.) Osbeck] e tangerineira Ponkan (*C. reticulata* Blanco), consideradas como intolerantes à seca, e a limeira-ácida ‘Tahiti’ (*C.* ×*latifolia* Tanaka), considerada como mais tolerante à seca (Donato et al., 2007; Soares et al., 2015; Girardi et al., 2018), foram utilizadas como testemunhas nos experimentos.

No experimento, foram usados dois porta-enxertos contrastantes para tolerância à seca e vigor vegetativo, o trifoliata ‘Flying Dragon’ (ananicante e intolerante à seca) e o limoeiro ‘Cravo’ (vigoroso e tolerante à seca). Em recipientes, era esperado que as plantas enxertadas em ‘Cravo’ apresentassem sintomas de

estresse hídrico mais rápido que em ‘Flying Dragon’, corroborando sua maior absorção de água em menor período de tempo. Nesse sentido, uma dada copa enxertada em ‘Flying Dragon’ que apresentasse reação à seca similar ao respectivo enxerto em ‘Cravo’ poderia indicar sucesso na seleção para maior tolerância à seca em condição controlada no viveiro. Já combinações copa/porta-enxerto com padrão similar ao ‘Flying Dragon’ indicariam seleção indireta para intolerância à seca.

Os porta-enxertos nucelares foram obtidos de um viveiro comercial. Foram semeados em maio de 2021 e transplantados para sacolas de 4,5 L, cerca de 90 dias depois, entre agosto (limoeiro ‘Cravo’) e setembro de 2021 (trifoliata ‘Flying Dragon’). As sacolas continham substrato à base de casca de pinheiro decomposta, com vermiculita, carvão e adubação com NPK. As características eram: 50% de umidade, 1,7 mS/cm de condutividade elétrica e 5,8 de pH (Base Indústria e Comércio de Insumos Agrícolas LTDA).

A enxertia das 26 (23 + 3 testemunhas) variedades copa nos dois porta-enxertos ocorreu em dezembro de 2021, a uma altura de aproximadamente 10 cm do substrato. O método empregado foi o de “T invertido”, indicado para os citros em geral (Oliveira et al., 2008a).

Após a enxertia, as plantas foram dispostas sobre bancadas de concreto a cerca de 60 cm de altura do piso, recebendo adubação semanal padrão do viveiro via fertirrigação (em $mg \cdot L^{-1}$):317 N; 104 P; 146 K; 190 Ca; 27 Mg; 36 S e 3 Fe. Não foi necessária aplicação de agrotóxicos, pois não houve ocorrência de pragas e doenças.

3.2 Condução das plantas e aplicação do déficit hídrico

As plantas receberam desbrota semanal e foram irrigadas diariamente até o início do experimento. A desbrota foi realizada manualmente e com cautela, retirando os brotos laterais ainda pequenos do porta-enxerto e da copa. Foram escolhidas 15 plantas aleatoriamente de cada porta-enxerto, uniformes em tamanho, as quais foram utilizadas para a determinação do volume de água que seria o bastante para dar início à drenagem no fundo da sacola, isto é, alcançar a o ponto de capacidade de recipiente do substrato. Foi adicionado água de maneira parcelada, em cada uma das sacolas, iniciando-se com 50 mL e adicionando o mesmo volume após 25 minutos,

sucessivamente, até o início da drenagem no fundo da sacola. Após essa constatação em todas as mudas, foi feita a média do volume aplicado, resultando em 500 mL por planta (Mourão Filho et al., 2007). Esse foi o volume definido para a irrigação em dias alternados em metade das mudas do experimento, consideradas como tratamento controle (irrigado em capacidade de recipiente).

Após o desenvolvimento completo do enxerto, foram realizadas podas de topo a 30 cm a partir do ponto de enxertia para padronização do tamanho das plantas. Em cada planta, permitiu-se o crescimento de apenas um broto após a poda, localizado no ápice da poda. Em outubro de 2022, 10 meses após a enxertia, foi iniciado o monitoramento do broto, até atingir o estádio V2 de crescimento, que é caracterizado pelo alongamento inicial do caule, porém com todas as folhas fechadas (Cifuentes-Arenas et al., 2018). Optou-se por iniciar o experimento com as plantas em brotação V2, porque em ensaios preliminares se observou que aplicar a suspensão da irrigação logo após a poda inibiu a brotação da copa na maioria das plantas, impossibilitando sua adequada avaliação. Quando os brotos atingiram o estádio V2, ou seja, iniciaram seu desenvolvimento, as parcelas designadas para receber a irrigação passaram a ser irrigadas três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) com o volume de 500 mL por muda. O tratamento de déficit hídrico foi induzido no restante das plantas no bloco pela suspensão das regas até a murcha aparente das plantas, ou seja, quando a murcha foi verificada visualmente, com base nas turgescências das folhas e completo enrolamento do limbo foliar. Quando cada planta apresentou murcha aparente, foi reidratada com 500 mL de água e retirada das avaliações, até que todas as plantas do mesmo tratamento fossem reidratadas. Após um período de seis meses mantidas irrigadas, recebendo rega em dias alternados, o experimento foi repetido seguindo os mesmos procedimentos, em maio de 2023, usando as mesmas plantas avaliadas no experimento anterior.

3.3 Variáveis analisadas

3.3.1 Monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa

As variáveis meteorológicas temperatura do ar e umidade relativa foram registradas a cada hora por meio de um Data Logger (DHT1422, Perceptec, São Paulo, São Paulo, Brasil) posicionado a 2 m acima do dossel das plantas, no centro do experimento dentro da casa de vegetação.

3.3.2 Tolerância visual ao déficit hídrico

A tolerância visual ao déficit hídrico foi avaliada como a variável tempo para atingir o ponto de murcha visual (medida em dias). Para isso, foram contabilizados os dias decorrentes até a murcha aparente da planta, utilizando uma escala de notas para a murcha visual, baseada na turgescência das folhas e enrolamento do limbo foliar (Figura 1), onde a nota 3 corresponde à planta túrgida, sem nenhum enrolamento do limbo; nota 2 à planta parcialmente murcha, com presença de enrolamento em parte das folhas; e nota 1 à planta com murcha total, com todo o perímetro do limbo enrolado de todas as folhas (Cantuárias-Avilés et al., 2012; Stuchi et al., 2000). Quando a planta atingia a nota 1, era registrado o número de dias que a planta levou para chegar até essa nota. As notas de sintomas de murcha sempre foram dadas pela mesma pessoa para evitar diferenças entre avaliadores, pois essa avaliação é visual e subjetiva.

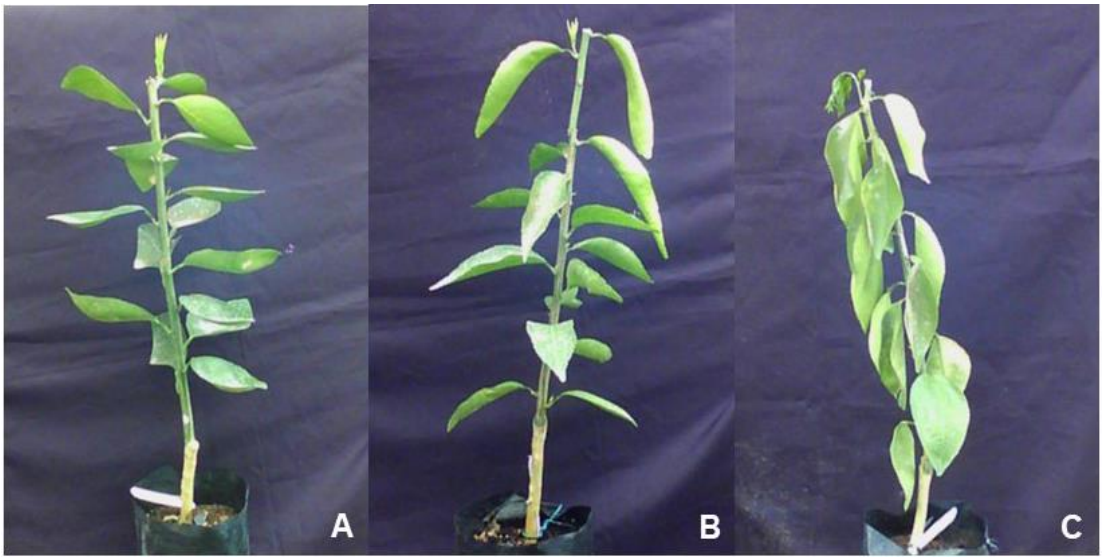

Figura 1. Representação de plantas submetidas ao déficit hídrico. A) Nota 3; B) Nota 2; C) Nota 1.

3.3.3 Gravimetria e umidade no substrato

A retenção de água no substrato foi medida através de gravimetria, pesando as sacolas duas vezes por semana com balança digital da marca SF-400, com capacidade de 10 kg.

Foi feita a curva de retenção de água do substrato calibrada conforme metodologia de Camargo et al. (2009) no laboratório de solos e substratos do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), nas seguintes pressões: saturado (0 kPa), 1, 3, 15, 20, 40, 100 e 300 kPa (Girardi, 2008). Com essa curva, pode-se estimar o potencial hídrico do substrato usado no experimento em relação à percentagem de água retida em um dado potencial. Para estimar o potencial hídrico no substrato ao final do experimento, foi feita a pesagem do substrato úmido e posteriormente seco em estufa com circulação e renovação de ar (TE-394/3, Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Foram retiradas dez amostras aleatórias de substrato em vasos de cada porta-enxerto e regime hídrico, pesadas assim que coletadas e depois pesadas após a saturação com água. Após isso, foram pesadas novamente, após secagem na estufa, para a obtenção da umidade relativa em cada amostra (Almeida et al., 2012).

3.3.4 Comprimento do broto

O comprimento dos brotos foi medido com trena métrica de aço de 5 m (Vonder, Paraná, Brasil). A trena era posicionada na base do broto até o seu ápice. A medição do tamanho final ocorreu após a maturação completa dos brotos em estádio V6 (Cifuentes-Arenas et al., 2018), monitorada diariamente. No experimento conduzido na primavera, a medição de tamanho do broto foi realizada 45 dias após a suspensão da irrigação e 28 dias após a reidratação, e no experimento conduzido no outono, 64 dias após a suspensão da irrigação e 42 dias após a reidratação.

3.3.5 Área foliar do broto

A área foliar, no momento da medição do tamanho do broto, foi medida através do equipamento LI-3100C Area Meter (LI-COR, LI-3100C, Nebraska, EUA). Todas as folhas de cada broto foram colhidas, limpas e secas para a leitura no equipamento, calibrado de acordo com as instruções do manual (LI-COR Incorporated, 2004). O equipamento possui uma tela onde é mostrada a área em centímetros quadrados, tornando possível a anotação e posterior tabulação dos dados.

3.3.6 Índice de conteúdo de clorofila

Realizou-se a avaliação semanal da coloração das folhas, por meio de clorofilômetro portátil CCM200-Plus (Opti-Sciences, CCM200-Plus, New Hampshire, EUA), para verificar a relação entre déficit hídrico e índice de coloração de clorofila (Cantuárias-Avilés et al., 2011, 2012). As medições foram feitas logo abaixo da altura da poda, ou seja, em folhas maduras, sendo uma medição por folha por planta. O clorofilômetro era posicionado sempre em uma parte sadia da planta, sem encostar na nervura central. As medições foram feitas com base em duas bandas de onda (vermelho, 650 nm, pico de absorbância de clorofila e infravermelho, aproximadamente 940 nm, absorbância de não clorofila) (Jifon et al., 2005).

3.3.7 Temperatura do dossel

A temperatura foliar do dossel foi monitorada semanalmente em cada planta, aproximadamente ao meio-dia com o uso de imagens térmicas utilizando uma câmera térmica manual (Flir C3, FLIR Systems, Inc., Wislonville, EUA) com metodologia desenvolvida por Vieira e Ferrarezi (2021), apenas no ano de 2023. Este horário foi escolhido, pois há estudos que demonstram que, para fazer leituras de temperaturas foliares mais significativas, esse é o melhor horário (Gonzalez-Dugo et al., 2014; Bellvert, et al., 2017; García-Tejero et al., 2018). As imagens obtidas foram descarregadas em software Flir Tools (FLIR Systems, Inc. Wislonville, EUA) e, com a régua de temperatura localizada abaixo de cada imagem, o fundo foi descartado (exclui-se aquilo que está abaixo da temperatura do objeto alvo, no caso, as plantas). Após isso, a imagem é convertida em .slxs, onde cada célula corresponde à

temperatura de um pixel. Para cada arquivo em .slxl correspondente à uma imagem, foi gerada a temperatura média de cada planta em ºC. As imagens foram obtidas a 1 m de distância de cada planta (Vieira e Ferrarezi, 2021), 10 dias após o corte de fornecimento de água.

3.3.8 Massa seca de raiz

Ao final do experimento, realizado pela segunda vez em maio de 2023, no outono, a massa de matéria seca do sistema radicular foi pesada. A parte aérea da planta foi cortada e descartada e o sistema radicular foi limpo, tirando o máximo possível de substrato do material. Após isso, as raízes foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados e acondicionados em estufa com circulação e renovação de ar (TE-394/3, Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil). As raízes foram mantidas a 65 ºC até massa constante, com monitoramento de massa duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde (Rodrigues, et al., 2015). Utilizou-se balança digital (Tomate, SF-400, São Paulo, Brasil) para a pesagem.

3.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados em esquema de parcelas subsubdivididas (split-split-plot), com 26 copas enxertadas nos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e trifoliata ‘Flying Dragon’ e recebendo dois regimes de irrigação (irrigação diárias na capacidade de campo e interrupção da rega). Foram feitos seis blocos, os quais continham 104 plantas cada um, totalizando 624 plantas. Cada planta era uma parcela. Em cada bloco, a metade das plantas foram dispostas nas extremidades opostas da bancada, sendo que cada extremidade era um regime de irrigação. Isso foi feito para que a umidade das plantas irrigadas não interferisse nas plantas mantidas em déficit hídrico. Em cada extremidade, as variedades copas foram distribuídas ao acaso em parcelas subdivididas pelos porta-enxertos avaliados, sempre dispostos em alternância. As copas receberam uma sequência numérica de 1 a 26, os porta-enxertos foram abreviados como ‘FD’ e ‘LC’ para o trifoliata ‘Flying Dragon’ e o limoeiro ‘Cravo’, respectivamente, e os regimes de irrigação foram

abreviados para “I” e “S”, para irrigado e sequeiro (déficit hídrico), respectivamente, para melhor identificação visual das plantas (Figura 2).

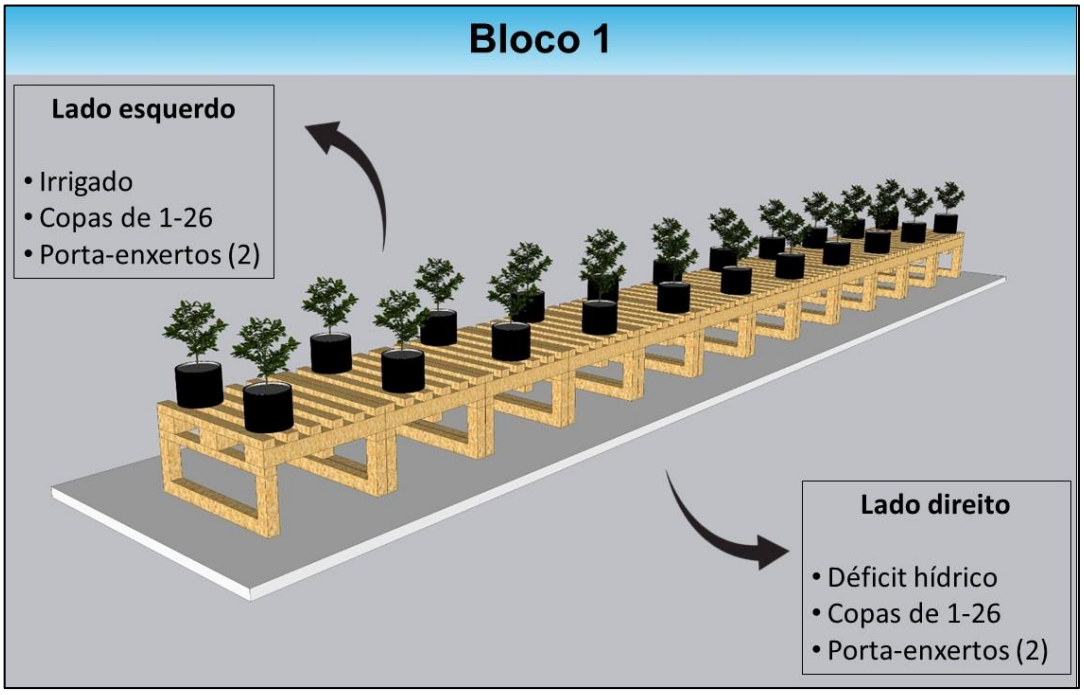

Figura 2. Esquema 3D da disposição das mudas dentro do viveiro, representação do Bloco 1.
Fonte: Natália Amaral de Sales, 2024.

Após a verificação dos pressupostos estatísticos, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (fator variedade de copa) ou comparadas pelo teste t de Student (fatores regime hídrico e porta-enxerto) a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2011). Todas as variáveis foram comparadas em termos absolutos, mas também se calculou o valor relativo pela relação percentual entre as médias das repetições dos tratamentos submetidos ao déficit hídrico e das repetições do respectivo controle irrigado em cada porta-enxerto em separado. Essa relação permite visualizar mais facilmente o dano causado pela suspensão da rega dentro de cada tratamento.

Adicionalmente, foram avaliados o índice de seleção de Mulamba e Mock, correlação de Pearson entre caracteres e análise multivariada de componentes principais para auxiliar na seleção de variedades copas mais tolerantes à seca. Para essas variáveis, utilizaram-se os softwares R e Rstudio, versão 4.3.1 (R Core Team,

2023) e o pacotes estatísticos “readxl” (Wickman e Bryan, 2023), “cluster” (Maechler et al., 2023), “ape” (Paradis e Schliep, 2019), “dendextend” (Galili, 2015), “corrplot” (Wei e Simko, 2021), “factoextra” (Kassambara, 2020), “FactoMineR” (Le et al., 2008), “PCAmixdata” (Chavent et al., 2017), “GGally” (Schloerke et al., 2023), “ggplot2” (Wickham et al., 2016) e “devtools” (Wickham et al., 2022). Durante a análise, foi feita a numeração em sequência e acrônimos dos tratamentos conforme a Tabela 1.

3.4.1 Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978)

O índice de Mulamba e Mock (1978), segundo Resende et al. (2014), corresponde ao teste não paramétrico de Wilcoxon (1945). Neste índice, os genótipos são hierarquizados para cada característica, atribuindo valores absolutos a cada genótipo de acordo com o seu desempenho ou posicionamento. Os valores são então somados, obtendo-se o ranqueamento geral que designa a classificação de todos os genótipos (Cruz e Regazzi, 2001). O índice de Mulamba e Mock considera o somatório dos ranqueamentos das variáveis analisadas, proporcionando uma visão geral do desempenho das copas. O índice tem sido utilizado na seleção de genótipos de citros, tanto como porta-enxertos (Costa et al., 2020b; Ribeiro et al., 2021) quanto como copa (Gois, 2016). Além disso, tem sido empregado em outras culturas anuais e frutíferas (Dias et al., 2011; Farias Neto et al., 2011; Neves et al., 2011) como critério auxiliar na tomada de decisão do melhorista durante a seleção de novos genótipos.

Neste trabalho, as variedades de copas empregadas foram ranqueadas ao final do experimento de acordo com o somatório dos ranqueamentos de cada variável analisada. O desempenho médio das variedades copa foi ranqueado conforme a condição avaliada em separado, gerando oito índices: quatro para cada porta-enxerto estudado (‘Cravo’ e ‘Flying Dragon’) em dois anos de avaliação e irrigação. Ao final, foi calculado o índice médio de colocação para cada copa considerando-se todas as situações (Figura 3). As variáveis ranqueadas neste índice foram: dias para tolerância ao déficit hídrico (para essa variável, quanto menor a média, melhor a colocação no ranqueamento, sendo inversamente proporcionais); área foliar e comprimento do broto, índice de conteúdo de clorofila, medida gravimétrica e massa seca de raiz (neste caso, quanto menor a média, pior a colocação no ranqueamento, sendo

diretamente proporcionais). Variedades com ranqueamento superior indicam, em termos gerais, maior consistência para tolerância à seca nas condições estudadas.

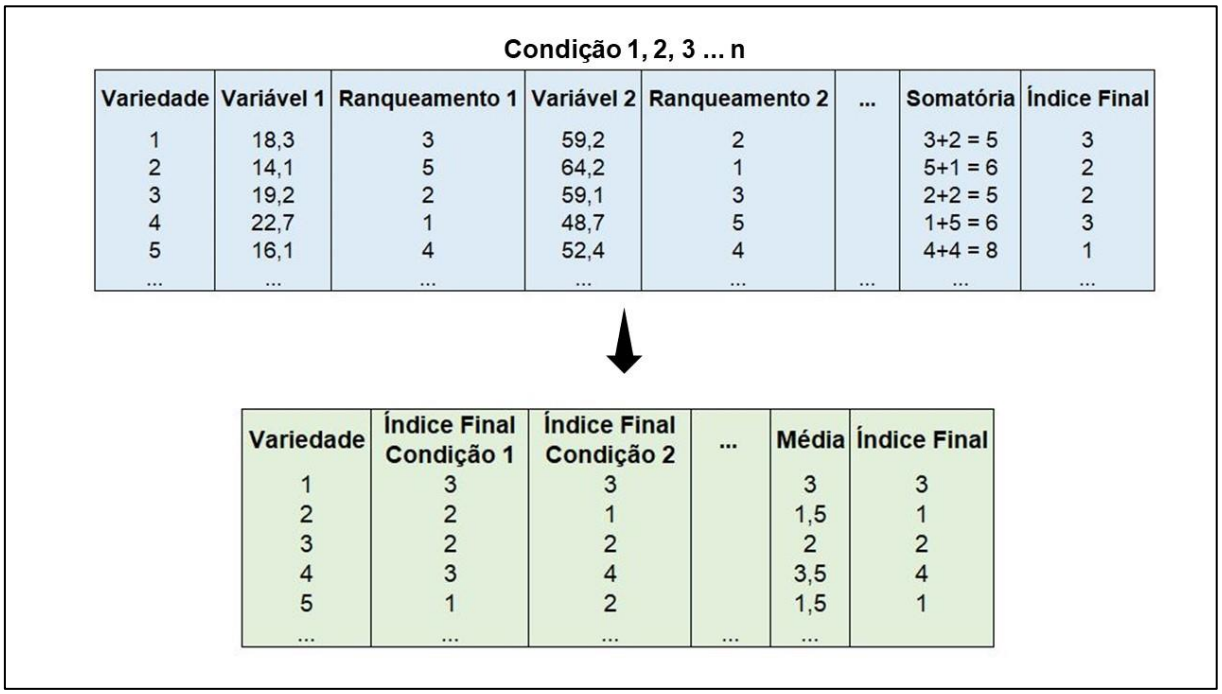

Figura 3. Representação da hierarquização do desempenho dos genótipos para o Índice de Seleção de Mulamba e Mock.

3.4.2 Coeficiente de correlação de Pearson (1892)

A associação entre duas variáveis quantitativas pode ser expressa por um coeficiente de correlação. Um desses coeficientes é o coeficiente de correlação de Pearson (1892), também conhecido como coeficiente de correlação produto-momento e p de Pearson (Sousa, 2019; Figueiredo Filho e Silva Júnior, 2009). O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, indicando a direção positiva ou negativa da relação entre dois caracteres. As correlações -1 e 1 são consideradas perfeitas, o que indica que o escore de uma variável é possível de determinar sabendo o escore da outra. Já o coeficiente 0 significa que não há relação entre as duas variáveis (Pearson, 1892).

Os dados foram submetidos à análise de coeficiente correlação e plotados em figura (R Core Team, 2023), correlacionando as variáveis: tempo para a murcha (dias); massa total de plantas + recipiente com substrato, ou seja, a medida gravimétrica (g); comprimento de broto (cm); área foliar do broto (cm²); índice de conteúdo de clorofila

(ICC); e massa seca de raiz (g). A última variável foi analisada apenas no segundo experimento em 2023.

3.4.3 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais (ACP) do inglês *principal component analysis* (PCA) é uma técnica de análise multivariada baseada em modelagem de estrutura de covariância. Foi descrita primeiramente por Pearson (1901) e posteriormente por Hotelling (1933, 1936), que usou a análise para estruturas de correlação, juntamente com métodos computacionais práticos. A ACP é utilizada principalmente quando se tem uma grande massa de dados e se necessita diminuir, minimizando possíveis perdas de informações (Hongyu et al., 2015). Os caracteres quantitativos possuem um papel importante na identificação de diversidade genética e análise de diversidade populacional (Djé et al., 2007).

Os dados deste trabalho foram submetidos à análise de componentes principais e plotados em figura para a visualização dos agrupamentos de combinações de copa e porta-enxerto. Os pacotes “dendextend” e “factoextra” foram utilizados para análise (Kassambara 2015). O agrupamento dos tratamentos foi selecionado de acordo com as estimativas de agrupamento do dendrograma ACP, com o uso da distância euclidiana para medir a similaridade e método da média para avaliação da ligação (Hair et al., 2006). O critério utilizado para a determinação do número ideal de clusters (agrupamentos) da ACP foi o pseudo-t2 (Mingoti, 2005), com o auxílio do pacote ‘NbClust’ no software R, versão 3.6.1. (R Development Core Team, 2023).

As variáveis utilizadas foram: área foliar, comprimento do broto, índice de conteúdo de clorofila, massa total e tolerância visual ao déficit hídrico para as análises e 2022. Para as análises de 2023 foi adicionada a variável de massa seca de raiz. A variável de temperatura do dossel não foi inserida pois não foi considerada interessante por não apresentar diferença significativas entre os tratamentos.

Para a melhor observação dos agrupamentos, foram feitas oito análises, separando porta-enxertos, regimes hídricos e períodos/anos, sendo: plantas enxertadas em ‘Flying Dragon’, irrigadas; plantas enxertadas em ‘Flying Dragon’, submetidas ao déficit hídrico; plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, irrigadas; e

plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, submetidas ao déficit hídrico (repetindo para os dois períodos e avaliação/anos). Em adicional, quatro últimas análises também foram realizadas, sendo inseridas todas as plantas, separando apenas o período/ano de avaliação e regime hídrico, com as mesmas variáveis das anteriores.

4. RESULTADOS

4.1 Temperatura do ar e umidade relativa

No período do primeiro experimento, conduzido durante a primavera em 2022, a temperatura dentro da casa de vegetação variou de 13,2 °C (mínima) a 53,1 °C (máxima). Houve uma grande variação da temperatura média do ar entre os dias deste período. A umidade relativa do ar média variou de 46,43 % a 73,75% dentro da casa de vegetação. Já durante a condução do segundo experimento, no outono de 2023, a temperatura variou de 11,70 °C (mínima) a 45,30 °C. Em relação ao experimento anterior, houve menor variação entre os dias. A umidade relativa do ar média variou de 55,48% a 78,10% dentro da casa de vegetação (Figura 3).

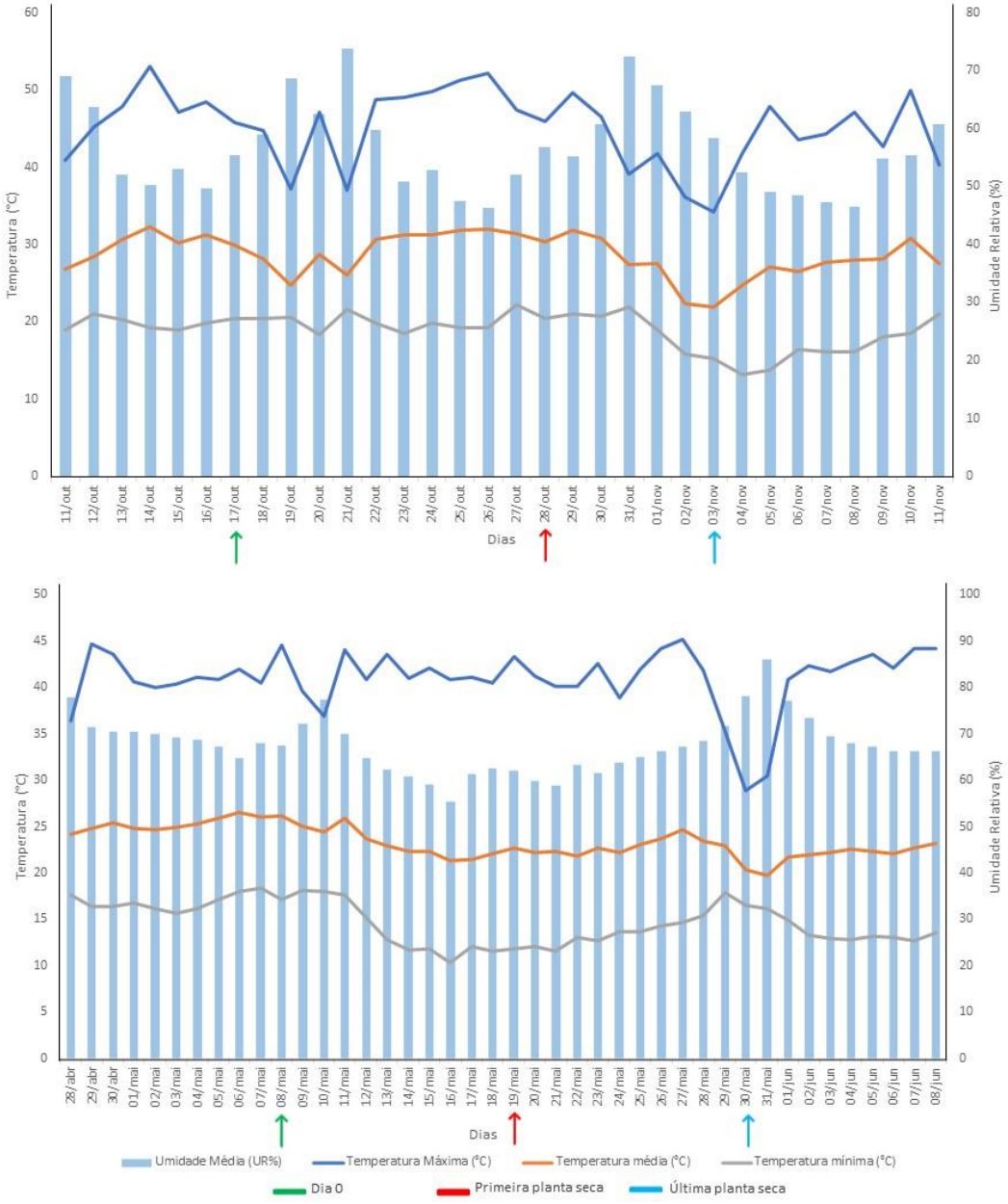

Figura 3. Temperatura máxima, mínima e média (°C) e umidade relativa do ar média (%) dentro da casa de vegetação nos dois períodos de realização do estudo. A) Primeiro experimento, de 11 de outubro a 11 de novembro de 2022 (primavera); B) Segundo experimento, de 28 de abril a 08 de junho de 2023 (outono). Bebedouro-SP

4.2 Tolerância visual ao déficit hídrico

Na primavera, as plantas enxertadas em ‘Flying Dragon’ (13,40 dias) obtiveram tempo médio para murcha estatisticamente superior àquelas enxertadas em ‘Cravo’, de 12,99 dias (P = 0,0188). No outono, o padrão se repetiu, com uma média de 15,53 dias para a murcha em ‘Flying Dragon’ e 14,46 dias para ‘Cravo’ (P = 0,0001). As copas diferiram entre si para tolerância visual à seca nos dois experimentos (P < 0,0001; CV_{2022} = 11,79%; CV_{2023} = 14,57%), mas não houve interação significativa entre copa e porta-enxerto nos anos de 2022 (P = 0,6728) e 2023 (P = 0,5047). No entanto, são apresentados os resultados separados por porta-enxerto para destacar o ranqueamento de cada variedade copa conforme a condição avaliada (Tabela 2).

4.2.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’

Na primavera, as copas que demoraram mais dias para atingir o estado de murcha aparente enxertadas em ‘Flying Dragon’ foram as tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Ponkan’, com 16,67 e 15,33 dias, respectivamente, diferindo estatisticamente de todos os tratamentos (P < 0,0001). Um segundo grupo se formou com tempo médio de seca de 13,76 dias, em que ‘Crescent’, ‘Bidewells’ e ‘Cerrado’ se destacaram com os maiores valores. Por outro lado, no grupo das copas que atingiram a murcha mais precocemente, destacaram-se entre as tangerineiras, ‘Carvalhais 170’ e ‘Carvalhaes 178’, ambas com média de 13 dias, e entre as laranjeiras, ‘Jaffa’ e ‘Bertoni’ com 11 e 11,5 dias, respectivamente. No outono, não foram observadas diferenças estatísticas entre as variedades enxertadas em ‘Flying Dragon’ (P = 0,2114) e o tempo médio para a murcha variou de 14 a 18,33 dias (Tabela 2). Mesmo assim, ‘Ponkan’ e ‘Burgess’ novamente apresentam valores médios máximos e ‘Jaffa’ com o menor valor.

4.2.2 Limoeiro ‘Cravo’

N primavera, dentre as variedades enxertadas em ‘Cravo’, as tangerineiras ‘Ponkan’ (15,83 dias) e ‘Burgess’ (15,67 dias) destacaram-se com as maiores médias, sendo equivalentes estatisticamente à laranjeira ‘Crescent’ (15 dias), sendo agrupadas separadamente do restante das variedades copa. Dentre as menores medias agrupadas, a laranjeira ‘Jaffa’ obteve a menor média (11,5 dias), juntamente

com as laranjeiras ‘Nota 10’, ‘Comum Frio’ e ‘Seleta’ (P < 0,0001). No outono, houve agrupamento das tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Burgess’, com 19,00 e 17,33 dias para a murcha aparente (P = 0,0001), enquanto a laranjeira ‘Jaffa’ apresentou a menor média de 12,33 dias dentro do grupo formado por 20 variedades com o menor tempo de seca. O agrupamento intermediário foi representado pelas copas de tangerineira ‘Carvalhais 170’, ‘Carvalhais 173’ e laranjeiras ‘Valência Bertoni’ e ‘Comum Frio’, com média de 15,71 dias para a seca (Tabela 2).

Tabela 2. Tempo médio para murcha aparente (dias) de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2023

Variedades copa	Tolerância ao déficit hídrico - tempo médio para seca (dias)			
	FD	LC	FD	LC
	2022		2023	
PV	13,67 b	12,50 b	14,50 a	13,17 c
JF	11,00 c	11,50 b	14,00 a	12,33 c
BD	12,00 c	12,00 b	15,67 a	14,33 c
VLJ	12,50 c	12,50 b	15,83 a	13,67 c
ST	13,17 c	11,50 b	15,50 a	13,33 c
BP	13,67 b	13,17 b	15,50 a	13,00 c
VC	13,33 b	13,83 b	14,83 a	14,00 c
LT	13,67 b	12,00 b	16,67 a	12,67 c
29	13,00 c	13,67 b	15,17 a	14,00 c
413	11,50 c	12,50 b	14,83 a	16,00 b
423	13,00 c	13,00 b	15,17 a	14,00 c
584	14,17 b	15,00 a	15,67 a	14,33 c
602	13,00 c	11,50 b	15,17 a	15,50 b
FM7	14,00 b	13,17 b	15,67 a	14,33 c
BM9	14,17 b	13,00 b	16,00 a	14,33 c
L10	12,50 c	11,50 b	14,17 a	13,83 c
170	13,00 c	12,50 b	15,67 a	15,83 b
173	13,50 b	13,00 b	14,17 a	15,50 b
178	13,00 c	13,67 b	16,83 a	14,33 c
MB	16,67 a	15,67 a	18,33 a	17,33 a
MW	13,50 b	12,00 b	16,00 a	13,33 c
MPY	13,50 b	13,50 b	15,00 a	14,17 c
VL	13,50 b	12,67 b	14,83 a	14,33 c
PK	15,33 a	15,83 a	17,50 a	19,00 a
TH	14,00 b	13,00 b	14,33 a	14,67 c
VCR	14,17 b	13,50 b	16,00 a	14,67 c
P	0,0000	0,0000	0,2114	0,0001

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

4.3 Gravimetria e umidade no substrato

A umidade no substrato utilizado, à base de casca de pinheiro decomposta, decaiu conforme a tensão aplicada aumentou (Figura 4). Em 0,1 kPa de tensão, a umidade foi de 0,6575 cm³ de água por cm³ de substrato; em 1 kPa, 0,4822 cm³ de água por cm³ de substrato; 3 kPa, 0,3329 cm³ de água por cm³ de substrato; em 15 kPa, 0,2859 cm³ de água por cm³ de substrato; em 20 kPa, 0,2701 cm³ de água por cm³ de substrato; em 40 kPa, 0,2600 cm³ de água por cm³ de substrato; em 100 kPa, 0,2486 cm³ de água por cm³ de substrato; e em 300 kPa, 0,2315 cm³ de água por cm³ de substrato. Ao final do experimento, avaliou-se a umidade relativa do substrato em termos médios para condição irrigada e sequeiro nos dois porta-enxertos avaliados, determinando-se as umidades de 70,13 e 48,06%, respectivamente equivalentes às tensões de 0,1 e 1 kPa conforme a curva de retenção de água apresentada (Tabela 3 e Figura 4).

Tabela 3. Umidade no substrato em condições de irrigação e déficit hídrico de plantas enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo. Bebedouro, 2024.

Regimes	Umidade no substrato (%)
Irrigado	70,13 a
Déficit hídrico	48,06 b
CV (%)	9,06

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

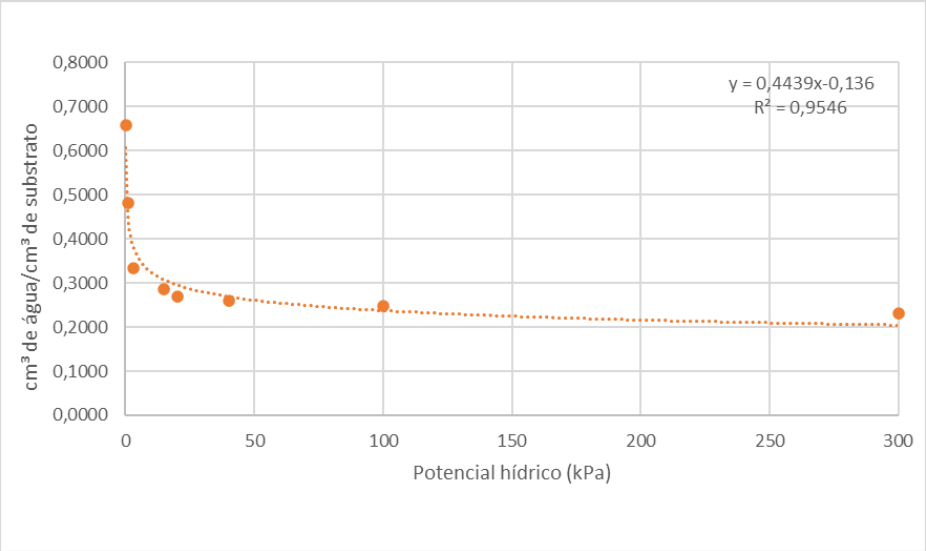

Figura 4. Umidade (cm³ de água/ cm³ de substrato) em substrato a base de casca de pinheiro decomposta em pressões diferentes. Bebedouro, 2024.

Na primavera, para a variável gravimétrica (massa total das sacolas contendo substrato e plantas), houve interação entre porta-enxertos e regime hídrico (P = 0,0014) e entre copas e regime hídrico (P = 0,0192) e não houve interação entre os três fatores (copa, porta-enxerto e regime) (P=0,4862), com um CV de 6,06%. Independente da copa enxertada, os porta-enxertos, quando irrigados, diferiram estatisticamente entre si (P < 0,0001), com o trifoliata 'Flying Dragon' mostrando maior massa de sacola. Em contrapartida, quando submetidos ao déficit hídrico, não houve diferenças significativas (P = 0,8392) (Tabela 4). No outono, houve interação entre porta-enxerto e regime hídrico novamente (P = 0,0017). Apesar de não ter havido diferença estatística entre as copas (P = 0,0773), foram observadas diferenças entre porta-enxertos (P = 0,0001) e regimes (P < 0,0001). e não houve interação entre os três fatores (copa, porta-enxerto e regime) (P=0,6793), com um CV de 6,42%. Para porta-enxertos, quando irrigados, as copas enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' obtiveram maior média (1775,28 g) em relação àquelas enxertadas em limoeiro 'Cravo' (1722,46 g), diferindo estatisticamente (P < 0,0001). Quando submetidas ao déficit, não houve diferenças significativas (P = 0,5461) (Tabela 5).

Tabela 4. Medições gravimétricas da massa total final de sacolas (planta + substrato + recipiente) de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos

contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2022.

Variedades copa	Massa Total (g)				Relativo	
	FD		LC		FD	LC
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico		
PV	1810,33 a	1118,83 b	1770,33 a	1078,33 a	0,62	0,61
JF	1801,50 a	1026,50 b	1720,00 a	1061,60 a	0,57	0,62
BD	1904,83 a	1021,33 b	1783,83 a	1050,20 a	0,54	0,59
VLJ	1826,17 a	1065,67 b	1863,17 a	1101,33 a	0,58	0,59
ST	1889,17 a	1105,00 b	1743,50 a	1040,67 a	0,58	0,60
BP	1984,83 a	1087,83 b	1864,67 a	1105,17 a	0,55	0,59
VC	1860,33 a	1120,50 b	1777,50 a	1130,33 a	0,60	0,64
LT	1874,33 a	1091,00 b	1856,50 a	1077,50 a	0,58	0,58
29	1812,83 a	1101,83 b	1775,00 a	1094,60 a	0,61	0,62
413	1880,83 a	1034,33 b	1812,17 a	1109,60 a	0,55	0,61
423	1816,00 a	1090,40 b	1805,67 a	1082,67 a	0,60	0,60
584	1866,17 a	1206,83 a	1849,50 a	1143,00 a	0,65	0,62
602	1878,50 a	1091,80 b	1784,00 a	1066,40 a	0,58	0,60
FM7	1889,17 a	1132,50 b	1778,33 a	1047,17 a	0,60	0,59
BM9	1856,50 a	1087,83 b	1773,67 a	1103,83 a	0,59	0,62
L10	1851,50 a	1198,42 a	1807,50 a	1097,00 a	0,65	0,61
170	1786,50 a	1066,62 b	1658,83 a	1096,00 a	0,60	0,66
173	1829,83 a	1093,17 b	1881,33 a	1057,83 a	0,60	0,56
178	1806,50 a	1105,50 b	1785,17 a	1144,33 a	0,61	0,64
MB	1864,33 a	1223,17 a	1795,50 a	1158,00 a	0,66	0,64
MW	1798,17 a	1076,00 b	1830,17 a	1057,60 a	0,60	0,58
MPY	1803,83 a	1067,33 b	1803,50 a	1140,83 a	0,59	0,63
VL	1803,17 a	1119,00 b	1823,83 a	1071,67 a	0,62	0,59
PK	1873,00 a	1094,17 b	1829,67 a	1110,50 a	0,58	0,61
TH	1836,17 a	1085,00 b	1809,33 a	1146,33 a	0,59	0,63
VCR	1827,17 a	1030,17 b	1811,83 a	1115,33 a	0,56	0,62
P	0,0603	0,0039	0,0513	0,6215	-	-

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

Tabela 5. Medições gravimétricas da massa total final de sacolas (planta + substrato + recipiente) de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2023.

Variedades copa	Massa total (g)				Relativo	
	FD		LC		FD	LC
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico		
PV	1768,83 a	1088,67 a	1691,50 a	1094,50 a	0,62	0,65
JF	1796,83 a	1079,67 a	1669,17 a	1074,33 a	0,60	0,64
BD	1818,00 a	1067,67 a	1771,67 a	1105,67 a	0,59	0,62

VLJ	1771,33 a	1079,67 a	1814,33 a	1085,83 a	0,61	0,60
ST	1809,83 a	1097,60 a	1668,17 a	1066,83 a	0,61	0,64
BP	1837,83 a	1130,17 a	1745,17 a	1096,00 a	0,61	0,63
VC	1783,67 a	1124,00 a	1683,83 a	1139,83 a	0,63	0,68
LT	1765,67 a	1100,17 a	1762,17 a	1131,83 a	0,62	0,64
29	1746,67 a	1121,83 a	1696,00 a	1093,33 a	0,64	0,64
413	1791,50 a	1100,17 a	1778,17 a	1182,33 a	0,61	0,66
423	1741,00 a	1107,33 a	1732,50 a	1073,00 a	0,64	0,62
584	1799,83 a	1152,67 a	1769,50 a	1113,00 a	0,64	0,63
602	1838,50 a	1077,50 a	1698,17 a	1150,67 a	0,59	0,68
FM7	1826,33 a	1135,50 a	1695,00 a	1070,00 a	0,62	0,63
BM9	1789,33 a	1138,67 a	1679,33 a	1096,00 a	0,64	0,65
L10	1760,17 a	1071,83 a	1748,67 a	1075,50 a	0,61	0,62
170	1770,33 a	1150,67 a	1633,50 a	1143,17 a	0,65	0,70
173	1799,67 a	1154,17 a	1764,67 a	1128,83 a	0,64	0,64
178	1768,67 a	1254,83 a	1710,83 a	1126,50 a	0,71	0,66
MB	1799,67 a	1179,00 a	1737,00 a	1166,33 a	0,66	0,67
MW	1687,83 a	1081,83 a	1689,66 a	1039,17 a	0,64	0,62
MPY	1717,67 a	1133,00 a	1766,00 a	1091,33 a	0,66	0,62
VL	1726,17 a	1123,67 a	1702,83 a	1137,50 a	0,65	0,67
PK	1770,67 a	1101,67 a	1736,50 a	1140,67 a	0,62	0,66
TH	1751,33 a	1097,83 a	1709,00 a	1145,67 a	0,63	0,67
VCR	1717,50 a	1077,33 a	1730,50 a	1095,00 a	0,63	0,63
P	0,4306	0,2368	0,1663	0,6536	-	-

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

Para facilitar o ranqueamento das variedades copa, optou-se por apresentar cada porta-enxerto e regime separadamente, a seguir.

4.3.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’

Na primavera, para as variedades copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’, aquelas irrigadas não apresentaram diferenças significativas (P = 0,0603). No entanto, quando submetidas ao déficit hídrico, diferenças estatísticas foram evidenciadas (P = 0,0039). As copas que obtiveram as maiores médias foram a tangerineira ‘Burgess’ (1223,17 g) e as laranjeiras ‘Crescent’ (1206,83 g) e ‘Nota 10’ (1198,42 g), agrupadas à parte e sugerindo que a sua taxa de transpiração foi mais lenta. Já entre as plantas que mais transpiraram e, assim, obtiveram as menores

médias de massa de sacola, destacaram-se as laranjeiras ‘Belladona’, ‘Jaffa’, ‘Cerrado’ e ‘Bertoni’, com 1021,33 g, 1026,50 g, 1030,17 g e 1034,33 g, respectivamente (Tabela 3). No outono, não foram identificadas diferenças significativas entre as copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ tanto irrigadas quanto submetidas ao déficit hídrico (P = 0,4603 e P = 0,2368) (Tabela 5).

4.3.2 Limoeiro ‘Cravo’

Para as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, na primavera, não houve diferenças significativas, tanto para as plantas irrigadas (P = 0,0513) quanto para as plantas submetidas ao déficit hídrico (P = 0,6215) (Tabela 3). No outono, também não foram identificadas diferenças significativas entre as copas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, fossem irrigadas (P = 0,1663) ou submetidas ao déficit hídrico (P = 0,6536) (Tabela 5).

Calculou-se a perda relativa de massa de sacola como avaliação indireta da tolerância à seca. Em termos relativos, as copas que mais reduziram a massa da sacola em 2022 (primavera) devido ao déficit hídrico em comparação às irrigadas, quando enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’, foram as laranjeiras ‘Belladona’ (-46 %), ‘Berna Peret’ e ‘Bertoni’ (-45 %), ‘Cerrado’ (-44 %) e ‘Jaffa’ (-43 %). Já para o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, as copas que mais reduziram a massa foram as tangerineiras ‘Carvalhais 173’ e ‘Wallent’, com perdas de 44 e 42 % de suas massas, e as laranjeiras ‘Tua’ (-42 %), ‘Valência’, ‘Belladona’, ‘Finike’, ‘Burjasot’ e ‘Berna Peret’, todas com redução de 41 % de suas massas (Tabela 3). Em 2023 (outono) , as copas que mais reduziram a massa da sacola quando enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ foram as laranjeiras ‘Comum Frio’, ‘Belladona’ e ‘Jaffa’, com perdas de 40 % em média. Aquelas que menos perderam massa foram as tangerineiras ‘Yoshida’, ‘Burgess’ e ‘Carvalhaes 178’, com perdas de 34% e 34% e 29%, respectivamente. Já para as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, as que mais perderam massa foram as laranjeiras ‘Bujasot’ (-40 %) e ‘Nota 10’ (-38 %) e a tangerineira ‘Wallent’ (-38 %), enquanto aquelas que menos reduziram foram a tangerineira ‘Carvalhais 170’ e as laranjeiras ‘Comum Frio’ e ‘Campbell’, com perdas de 30%, 28% e 28%, respectivamente (Tabela 5).

Na primavera, a massa total das sacolas foi avaliada nos dias 1, 3, 8, 10 e 14 após a interrupção do fornecimento de irrigação. A massa de todas as plantas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ decaiu conforme os dias sem irrigação foram aumentando. No dia 14, a maioria das plantas haviam secado, restando três repetições ou mais somente das tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Ponkan’, com 1071,6g e 1008 g de massa, respectivamente. Quando enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, a situação se repetiu e no 14º dia de interrupção do fornecimento de água, somente havia sobrado uma copa com três repetições ou mais, a tangerineira ‘Burgess’, com massa de 1058,33g (Tabela 6).

Tabela 6. Medições gravimétricas de massa total de sacolas (planta + substrato + recipiente), nos dias 1, 3, 8, 10 e 14 de avaliações de mudas de 26 variedades de copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2022.

Variedades Copa	Gravimetria - massa total (g)									
	FD					LC				
	Dia 1	Dia 3	Dia 8	Dia 10	Dia 14	Dia 1	Dia 3	Dia 8	Dia 10	Dia 14
PV	1571,83	1486,67	1208,17	1118,83	-	1508,50	1419,50	1201,33	1078,33	-
JF	1484,33	1391,33	1125,17	1026,50	-	1482,17	1367,17	1153,83	1061,60	-
BD	1474,17	1379,33	1120,83	1021,33	-	1437,50	1347,67	1111,83	1050,20	-
VLJ	1550,50	1444,50	1122,67	1065,67	-	1548,50	1455,83	1198,50	1101,33	-
ST	1596,17	1466,67	1208,17	1105,00	-	1429,00	1345,33	1150,67	1040,67	-
BP	1586,00	1498,17	1200,67	1087,83	-	1540,50	1446,67	1199,50	1105,17	-
VC	1552,00	1468,50	1220,67	1120,50	-	1568,17	1473,67	1223,50	1130,33	-
LT	1544,50	1457,17	1193,17	1091,00	-	1459,67	1373,67	1162,33	1077,50	-
29	1585,67	1493,17	1212,00	1101,83	-	1506,50	1416,67	1189,17	1094,60	-
413	1507,17	1397,00	1105,33	1034,33	-	1482,50	1382,67	1163,00	1109,51	-
423	1572,00	1436,17	1174,83	1090,40	-	1502,50	1412,83	1186,00	1082,67	-
584	1651,33	1570,67	1273,00	1206,83	-	1566,33	1485,50	1240,50	1143,00	-
602	1504,50	1416,17	1177,17	1091,80	-	1465,50	1371,67	1117,50	1066,40	-
FM7	1590,17	1510,17	1220,50	1132,50	-	1475,50	1381,83	1141,67	1047,17	-
BM9	1553,67	1450,67	1194,50	1087,83	-	1549,83	1472,00	1172,83	1103,83	-
L10	1481,50	1412,17	1135,50	1067,80	-	1439,50	1322,50	1162,00	1097,00	-
170	1550,33	1422,00	1204,33	1066,60	-	1504,50	1365,33	1162,33	1096,00	-
173	1526,83	1469,83	1206,17	1093,17	-	1439,50	1427,83	1130,83	1057,83	-
178	1594,83	1546,17	1223,17	1105,50	-	1561,83	1488,00	1193,50	1144,33	
MB	1648,00	1542,50	1332,33	1223,17	1071,6	1612,17	1506,00	1258,17	1158,00	1058,33
MW	1518,50	1444,67	1178,67	1076,00	-	1471,50	1381,67	1132,83	1057,60	-
MPY	1566,00	1456,50	1180,17	1067,33	-	1556,17	1456,17	1235,33	1140,83	-
VL	1592,50	1494,50	1192,17	1119,00	-	1498,00	1432,67	1158,33	1071,67	-
PK	1558,00	1432,83	1205,17	1094,17	1008	1541,00	1478,67	1220,33	1110,50	-
TH	1557,17	1452,17	1194,33	1085,00	-	1567,17	1494,50	1239,17	1146,33	-
VCR	1503,67	1387,50	1131,67	1030,17	-	1508,00	1423,67	1203,00	1115,33	-

No outono, a massa total das sacolas foi avaliada aos dias 0, 3, 8, 10, 14 e 17 após a interrupção do fornecimento de irrigação. Quando enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’, como esperado, a massa das plantas decaiu a cada dia de avaliação. No dia 17, havia plantas sem murcha apenas nas copas de tangerineiras ‘Carvalhaes 178’ e ‘Burgess’, com 1049,67 g e 1021,50 g respectivamente, além da laranjeira ‘Bidewells’, com 1003,57 g e a tangerineira ‘Ponkan’, com média de 927,50 g aos 17 dias. Já quando enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ as plantas começaram a secar um pouco mais cedo. Aos 14 dias após a interrupção do fornecimento de água, as copas de laranjeira ‘Vidigueira’, ‘Jaffa’, Seleta’, ‘Berna Peret’ e de tangerineira ‘Wallent’ já haviam secado totalmente em mais de três repetições. Aos 17 dias de avaliações, restaram apenas as copas de tangerineira ‘Burgess’ e ‘Ponkan’ (Tabela 7).

Tabela 7. Medições gravimétricas de massa total de sacolas (planta + substrato + recipiente), nos dias 0, 3, 8, 10 e 14 e 17de avaliações de mudas de 26 variedades de copa de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2023.

Variedades Copa	Gravimetria - massa total (g)											
	FD						LC					
	Dia 0	Dia 3	Dia 8	Dia 10	Dia 14	Dia 17	Dia 0	Dia 3	Dia 8	Dia 10	Dia 14	Dia 17
PV	1684,50	1494,83	1148,17	1088,67	983,67	-	1694,17	1469,50	1140,50	1094,50	-	-
JF	1682,33	1443,50	1132,83	1079,67	996,67	-	1646,83	1416,83	1111,67	1074,33	-	-
BD	1687,50	1464,67	1128,83	1067,67	939,17	-	1723,83	1479,67	1150,67	1105,67	1019,00	-
VLJ	1640,33	1456,50	1139,17	1079,67	974,83	-	1673,83	1455,33	1133,00	1085,83	1022,80	-
ST	1743,00	1522,60	1158,80	1097,60	974,00	-	1654,67	1397,33	1104,17	1066,83	-	-
BP	1769,17	1534,83	1192,67	1130,17	1000,83	-	1701,33	1469,17	1140,17	1096,83	-	-
VC	1684,33	1517,00	1193,17	1124,00	1009,20	-	1664,67	1480,50	1186,67	1139,83	1072,80	-
LT	1689,17	1518,50	1165,00	1100,17	979,50	-	1743,17	1506,17	1179,33	1131,83	1047,83	-
29	1679,83	1557,67	1157,67	1121,83	994,83	-	1677,33	1445,17	1184,50	1093,33	1012,20	-
413	1747,67	1503,67	1163,50	1100,17	984,50	-	1748,67	1525,33	1230,50	1182,33	1092,40	-
423	1729,50	1512,67	1175,17	1107,33	1010,80	-	1571,17	1404,67	1124,67	1073,00	1001,80	-
584	1757,83	1551,17	3160,50	1152,67	1010,83	-	1448,67	1495,17	1170,50	1113,00	1008,20	-
602	1640,67	1500,33	1132,83	1077,50	962,00	-	1717,67	1556,33	1207,67	1150,67	1033,50	-
FM7	1712,33	1538,17	1199,83	1135,50	1002,67	-	1633,67	1449,00	1120,50	1070,00	975,33	-
BM9	1700,83	1555,67	1213,50	1138,67	1001,67	1003,57	1672,67	1497,00	1149,50	1096,00	1012,00	-
L10	1679,00	1477,17	1127,83	1071,83	978,83	-	1623,33	1408,50	1120,00	1075,50	1015,00	-
170	1687,17	1548,00	1183,00	1150,67	1004,67	-	1687,50	1507,50	1148,33	1143,17	1022,67	-
173	1677,00	1536,83	1216,00	1154,17	1015,83	-	1623,83	1486,83	1181,83	1128,83	1012,00	-
178	1803,67	1671,17	1335,00	1254,83	1143,17	1049,67	1720,67	1500,00	1175,17	959,83	1016,20	-
MB	1723,00	1629,33	1290,00	1179,00	1042,33	1021,50	1726,67	1552,83	1225,00	1166,33	1030,00	1007,75
MW	1654,17	1466,67	1144,67	1081,83	951,00	-	1585,00	1380,67	1081,50	1039,17	-	-
MPY	1779,17	1575,33	1207,33	1133,00	970,00	-	1724,17	1473,00	1144,00	1091,33	989,33	-
VL	1680,50	1504,33	1181,67	1123,67	1011,60	-	1721,50	1514,00	1189,00	1137,50	1034,20	-
PK	1719,50	1493,50	1176,50	1101,67	1114,00	927,50	1715,33	1535,17	1204,67	1140,67	1000,33	986,67
TH	1723,67	1529,33	1167,00	1097,83	974,17	-	1742,17	1521,67	1202,00	1145,67	1035,33	-
VCR	1520,33	1509,83	1139,33	1077,33	954,00	-	1653,83	1498,33	1142,83	1095,00	1008,17	-

4.4 Comprimento de broto

Na primavera, houve diferenças significativas entre as copas avaliadas (P < 0,0001), entre porta-enxertos (P < 0,0001) e entre regimes (P < 0,0001), com interação entre os fatores porta-enxerto e regime (P = 0,0038), o que indica que o comportamento das plantas enxertadas em cada um dos porta-enxertos irá mudar em função da alteração de regime hídrico. Para porta-enxertos, os brotos foram 10% mais compridos em média nas plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, em ambas as situações de irrigação; já plantas irrigadas apresentaram maiores comprimentos do que as em sequeiro, 20% em média. Não houve interação tripla significativa em 2022 (primavera) (P = 0,2983; CV = 21,20%) ou 2023 (P = 0,1005; CV = 29,56%). No segundo experimento (outono), foram observadas diferenças entre copas (P < 0,0001) e entre regimes hídricos (P < 0,0001), mas não houve diferenças significativas entre os porta-enxertos (P = 0,0850) e nenhuma interação dupla ou tripla entre os fatores estudados (P= 0,0776; 0,0680; 0,5410; e 0,1005).

Para facilitar a comparação entre as variedades copa e o regime hídrico, são apresentados os resultados dentro de cada porta-enxerto em separado. Essa apresentação também permite inferir melhor sobre a interação entre copa e porta-enxerto, já que são dois genótipos com vigor marcadamente distinto (Tabela 8).

Tabela 8. Comprimento de broto de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em 2022 e 2023 em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2023.

Variedades Copa	Comprimento do Broto (cm)											
	FD		LC		Relativo*		FD		LC		Relativo*	
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	FD	LC	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	FD	LC
	2022						2023					
PV	50,17 a	35,83 a	46,00 a	42,00 a	0,71	0,91	46,17 a	43,50 a	42,25 b	38,08 a	0,94	0,90
JF	37,00 b	35,17 a	40,83 b	36,67 a	0,95	0,90	36,86 a	25,80 b	33,92 c	28,08 a	0,70	0,83
BD	35,67 b	30,97 b	37,67 b	40,00 a	0,87	1,06	42,00 a	23,42 b	54,08 a	30,25 a	0,56	0,56
VLJ	44,00 a	37,67 a	42,67 b	37,50 a	0,86	0,88	50,17 a	36,40 a	51,50 a	30,17 a	0,73	0,59
ST	33,67 b	28,17 b	39,50 b	40,50 a	0,84	1,03	46,83 a	27,33 b	31,40 c	39,50 a	0,58	1,26
BP	38,00 b	22,67 b	41,17 b	35,17 a	0,60	0,85	42,88 a	22,58 a	42,42 b	40,67 a	0,53	0,96
VC	37,50 b	34,17 a	45,17 b	39,50 a	0,91	0,87	48,67 a	37,67 a	43,08 b	31,67 a	0,77	0,74
LT	37,50 b	31,00 b	48,83 a	36,33 a	0,83	0,74	41,33 a	24,92 b	50,67 a	34,55 a	0,60	0,68
29	39,50 b	41,17 a	48,00 a	34,83 a	1,04	0,73	50,33 a	36,08 a	51,33 a	43,08 a	0,72	0,84
413	37,17 b	31,17 b	46,67 a	34,50 a	0,84	0,74	43,67 a	38,50 a	50,08 a	38,40 a	0,88	0,77
423	42,17 a	41,67 a	42,83 b	34,83 a	0,99	0,81	44,67 a	35,25 a	46,50 a	30,33 a	0,79	0,65
584	33,67 b	34,67 a	46,50 a	36,67 a	1,03	0,79	46,17 a	22,90 b	47,17 a	37,50 a	0,50	0,79
602	35,00 b	34,25 a	44,17 b	28,17 b	0,98	0,64	35,67 a	20,50 b	47,50 a	30,58 a	0,57	0,64
FM7	38,50 b	38,50 a	48,67 a	37,67 a	1,00	0,77	48,25 a	39,25 a	49,08 a	38,42 a	0,81	0,78
BM9	45,50 a	39,50 a	53,50 a	44,17 a	0,87	0,83	51,17 a	39,67 a	42,75 b	32,17 a	0,78	0,75
L10	36,67 b	28,33 b	46,00 a	39,00 a	0,77	0,85	37,50 a	37,42 a	46,42 a	41,00 a	1,00	0,88
170	43,33 a	39,00 a	55,67 a	38,17 a	0,90	0,69	53,67 a	41,33 a	59,42 a	35,83 a	0,77	0,60
173	51,17 a	43,17 a	49,33 a	39,17 a	0,84	0,79	54,33 a	37,00 a	60,92 a	31,40 a	0,68	0,52
178	49,00 a	42,50 a	53,17 a	40,67 a	0,87	0,76	45,33 a	46,08 a	60,00 a	41,50 a	1,02	0,69
MB	32,50 b	23,00 b	38,50 b	26,50 b	0,71	0,69	39,33 a	17,25 b	33,00 c	9,10 b	0,44	0,28
MW	32,67 b	30,33 b	42,50 b	33,17 a	0,93	0,78	47,90 a	23,75 b	46,42 a	31,75 a	0,50	0,68
MPY	42,50 a	37,50 a	48,50 a	34,83 a	0,88	0,72	44,50 a	33,83 a	48,67 a	35,67 a	0,76	0,73
VL	39,17 b	28,83 b	42,67 b	40,33 a	0,74	0,95	47,33 a	31,75 a	41,67 b	43,75 a	0,67	1,05
PK	34,00 b	34,86 a	41,33 b	35,83 a	1,03	0,87	43,08 a	20,75 b	33,75 c	18,66 b	0,48	0,55
TH	44,33 a	40,67 a	51,00 a	38,67 a	0,92	0,76	42,58 a	32,17 a	52,25 a	37,80 a	0,76	0,72
VCR	43,50 a	31,67 b	42,00 b	29,17 b	0,73	0,69	46,67 a	24,42 b	43,75 b	31,00 a	0,52	0,71
P	0,0001	0,0000	0,0039	0,0388	-	-	0,3975	0,0000	0,0000	0,0001	-	-

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

4.4.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’

Plantas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e mantidas em irrigação, na primavera, variaram entre 32,50 cm e 51,17 cm. No agrupamento das maiores médias, observam-se as copas ‘Carvalhais 173’, ‘Vidigueira’, ‘Carvalhaes 178’, ‘Tahiti’, ‘Burjasot’, ‘Cerrado’, ‘Carvalhais 170’, ‘Yoshida’ e ‘Rhode Red’, variando ente 51,17 cm e 42,17 cm. Já no grupo das copas que menos cresceram, destacam-se as tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Wallent’ com os menores valores médios, de 32,50, e 32,67 cm, respectivamente ($P < 0,0001$). Por outro lado, as plantas mantidas em sequeiro tiveram uma variação de 22,67 a 43,17 cm. No grupo com as menores médias, é destacada a presença da tangerineira ‘Burgess’, com 23,00 cm, e da laranjeira ’Berna Peret’ com 22,67 cm. A tangerineira ‘Ponkan’, que em condições irrigadas estava no grupo das menores médias, se classificou no grupo das maiores médias quando em sequeiro, praticamente mantendo o seu desempenho nos dois regimes: média de 34,00 cm no irrigado ($P = 0,0001$) e de 34,86 cm no déficit hídrico ($P< 0,0001$) (Tabela 8).

No outono, não houve diferenças significativas entre as variedades copa quando mantidas sob irrigação. Já em déficit hídrico, houve diferenças ($P < 0,0001$), com as copas de tangerineiras ‘Cavalhaes (178)’ e ‘Carvalhais (170)’ e a laranjeira ‘Pera Vidigueira’ se destacando entre o grupo das maiores médias, com 46,08 cm, 41,33 cm e 43,50 cm, respectivamente. No agrupamento das menores médias, observa-se as copas cujas o comprimento do broto variou de 17,25 cm a 27,33cm. A menor delas foi a tangerineira ‘Burgess’, com 17,25 cm de comprimento de broto. A copa de laranjeira que obteve uma das menores médias tanto em regime irrigado quanto em déficit hídrico foi a ‘Comum Frio’, com 33,67 cm e 20,50 cm, respectivamente (Tabela 8).

4.4.2 Limoeiro ‘Cravo’

Analisando-se as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, as maiores médias de comprimento de broto continuaram sendo observadas na laranjeira ‘Bidewells’ e na tangerineira ‘Carvalhaes 178’, mostrando que, independentemente do porta-enxerto empregado, essas copas cresceram mais em relação às outras, tanto em suprimento adequado de água como sob déficit hídrico, na primavera. No entanto, outras copas

também foram agrupadas juntamente com essas duas. No segundo ano, para as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e mantidas em regime de irrigação adequado, destacaram-se, entre as tangerineiras: ‘Carvalhais 173’, ‘Carvalhaes 178’, ‘Carvalhais 170’, ‘Wallent’ e ‘Yoshida’ com médias de 60,92 cm, 60,00 cm, 59,42 cm, 48,67cm e 46,42cm, sendo agrupadas com copas de laranjeiras. Por outro lado, as outras tangerineiras apresentaram comprimento 50% menores, aproximadamente, como ‘Burgess’ e ‘Ponkan’, com 33,00 cm e 33,75 cm, nesta ordem. Essas duas copas foram ainda agrupadas como as de menor comprimento, juntamente com as laranjeiras ‘Seleta’ (26,33 cm) e ‘Jaffa’ (33,92 cm). Quando mantidas em déficit hídrico sobre limoeiro ‘Cravo’, as copas de tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Ponkan’ foram agrupadas como as de menor comprimento de broto, diferindo estatisticamente de todas as outras avaliadas (P = 0,0001), com médias de 9,10 cm e 18,66 cm, nesta ordem (Tabela 8).

Na primavera, as copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ que mais reduziram comprimento de broto quando submetidas ao déficit hídrico foram as laranjeiras ‘Berna Peret’, com 40% de perda, e ‘Vidigueira’, com 39% de perda, juntamente com a tangerineira ‘Burgess’, com 39% de perda também. Já entre as copas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, as que mais reduziram o comprimento de broto foram a laranjeira ‘Comum Frio’ (-36%) e as tangerineiras ‘Carvalhais 170’ e ‘Burgess’, ambas com 31% de perda. No outono, em termos de redução de comprimento de broto devido ao déficit hídrico, as copas de tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Ponkan’ enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ foram as que mais perderam, 56 e 52% de seu tamanho, em relação às outras copas avaliadas. Todas as copas perderam tamanho em 2023, com exceção apenas da laranjeira ‘Nota 10’ e tangerineira ‘Carvalhaes 178’ enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e a laranjeira ‘Valência’ em limoeiro ‘Cravo’ que praticamente mantiveram o mesmo tamanho médio para os dois regimes hídricos. Com exceção da laranjeira ‘Seleta’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, que cresceu 26% a mais em déficit, todas a outras copas reduziram o comprimento ou praticamente o mantiveram quando mantidas em déficit hídrico, em 2023. A redução também foi considerável na copa de ‘Comum Frio’ quando enxertada em trifoliata ‘Flying Dragon’, sendo de 43%. As maiores perdas relativas foram de 72% (‘Burgess’) e de 48% (‘Carvalhais 173’), juntamente com a tangerineira ‘Ponkan’ que teve 45% de perda, quando enxertadas em limoeiro ‘Cravo’. A tangerineira ‘Burgess’ apresentou as menores médias em ambos os regimes, independentemente do porta-enxerto. Além

disso, essa tangerineira reduziu em cerca de 30% o comprimento de broto em déficit hídrico, independentemente do porta-enxerto (Tabela 8).

4.5 Área foliar do broto

Não houve interações entre os fatores copa, porta-enxerto e regime na variável de área foliar (cm²) em nenhum dos dois anos avaliados (CV_{2022} = 25,71; CV_{2023} = 29,66). Houve diferença significativa entre as copas (P < 0,0001) para os dois anos e entre os regimes em 2022/primavera (P < 0,000) e em 2023/outono (P = 0,0004). Em relação aos porta-enxertos, para o ano de 2022, tanto no regime de irrigação (P < 0,0001) quanto no déficit hídrico (P < 0,0001), houve diferenças significativas entre os dois porta-enxertos, sendo as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ aquelas que obtiveram maiores médias de área foliar no broto. O limoeiro ‘Cravo foi’ 15,61% e 18,01% maior em área foliar em relação trifoliata ‘Flying Dragon’ no regime irrigado e déficit hídrico, respectivamente. No segundo ano de avaliação, o padrão se repetiu, com diferenças significativas entre os porta-enxertos nos dois regimes aplicados, irrigado (P = 0,0036) e déficit hídrico (P < 0,0001), com as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ tendo maiores áreas foliares novamente (Tabela 9).

Tabela 9. Área foliar total do broto de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2022, 2023.

Variedades Copa	Área Foliar (cm²)											
	FD		LC		Relativo*		FD		LC		Relativo*	
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	FD	LC	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	FD	LC
	2022						2023					
PV	1141,96 a	1278,07 a	1272,04 a	1145,85 a	1,12	0,90	1109,33 a	892,93 a	984,31 b	1303,19 a	0,80	1,32
JF	1310,21 a	987,42 a	1406,37 a	1319,04 a	0,75	0,94	1300,93 a	1103,91 a	1063,56 a	1433,63 a	0,85	1,35
BD	1054,70 a	344,72 b	1207,80 a	1032,05 a	0,33	0,85	1103,98 a	948,70 a	1289,29 a	1488,14 a	0,86	1,15
VLJ	1179,05 a	674,76 b	1370,66 a	1396,07 a	0,57	1,02	1202,75 a	772,81 a	1485,68 a	1175,61 a	0,64	0,79
ST	949,80 a	624,94 b	1090,25 a	1104,51 a	0,66	1,01	1015,66 a	601,70 b	730,16 b	1351,54 a	0,59	1,85
BP	868,39 a	970,56 a	1473,59 a	1036,73 a	1,12	0,70	709,09 b	512,90 b	1295,60 a	1044,99 a	0,72	0,81
VC	977,19 a	754,98 b	1476,26 a	1035,31 a	0,77	0,70	1320,34 a	681,17 b	1202,11 a	970,77 b	0,52	0,81
LT	1024,52 a	536,81 b	1242,30 a	937,76 b	0,52	0,75	666,80 b	511,92 b	974,85 b	917,22 b	0,77	0,94
29	1198,45 a	818,78 b	1444,59 a	957,26 b	0,68	0,66	1242,81 a	932,71 a	1244,27 a	1107,60 a	0,75	0,89
413	917,92 a	1145,70 a	1128,68 a	1352,48 a	1,25	1,20	1120,75 a	973,62 a	1190,31 a	680,88 b	0,87	0,57
423	1027,01 a	917,03 a	1111,27 a	1403,99 a	0,89	1,26	780,22 b	773,61 a	971,08 b	1020,57 a	0,99	1,05
584	1007,38 a	646,85 b	1155,36 a	906,70 b	0,64	0,78	971,20 a	581,92 b	1505,88 a	846,98 b	0,60	0,56
602	1143,01 a	1210,54 a	1440,94 a	1276,70 a	1,06	0,89	1250,70 a	806,94 a	1462,50 a	1067,84 a	0,65	0,73
FM7	1051,98 a	848,83 a	1273,21 a	824,31 b	0,81	0,65	831,18 b	702,59 b	943,20 b	1108,34 a	0,85	1,18
BM9	1209,61 a	797,04 b	1114,17 a	1104,61 a	0,66	0,99	1048,00 a	807,02 a	1111,91 a	1266,46 a	0,77	1,14
L10	975,23 a	601,76 b	1290,36 a	855,81 b	0,62	0,66	806,82 b	720,63 b	1067,13 a	1255,90 a	0,89	1,18
170	897,85 a	501,66 b	939,43 b	667,75 c	0,56	0,71	745,93 b	794,16 a	1109,68 a	803,88 b	1,06	0,72
173	1026,06 a	1220,77 a	1205,19 a	890,81 b	1,19	0,74	1022,50 a	990,34 a	1350,18 a	976,58 b	0,97	0,72
178	975,49 a	701,75 b	1040,19 a	831,75 b	0,72	0,80	611,21 b	1255,92 a	992,02 b	852,38 b	2,05	0,86
MB	546,17 a	433,10 b	537,32 b	386,79 c	0,79	0,72	675,85 b	304,54 b	656,48 b	336,75 b	0,45	0,51
MW	1010,72 a	614,78 b	1082,44 a	860,11 b	0,61	0,79	834,09 b	799,38 a	676,54 b	763,46 b	0,96	1,13
MPY	697,82 a	612,41 b	979,19 b	459,76 c	0,88	0,47	672,88 b	919,44 a	799,91 b	849,71 b	1,37	1,06
VL	1001,14 a	387,09 b	1187,68 a	930,81 b	0,39	0,78	834,23 b	842,50 a	774,00 b	961,56 b	1,01	1,24
PK	599,13 a	588,39 b	680,40 b	579,46 c	0,98	0,85	500,65 b	336,99 b	497,00 b	487,81 b	0,67	0,98
TH	973,86 a	872,79 a	1281,00 a	850,49 b	0,90	0,66	888,50 b	1014,22 a	1110,34 a	795,02 b	1,14	0,72
VCR	995,60 a	1115,15 a	1082,99 a	827,67 b	1,12	0,76	1059,28 a	834,53 a	1277,03 a	860,64 b	0,79	0,67
P	0,1090	0,0000	0,0004	0,0000	-	-	0,0033	0,0103	0,0001	0,0000	-	-

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

4.5.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’

Na primavera, as copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e submetidas ao déficit hídrico que obtiveram maiores médias em área foliar do broto foram as laranjeiras ‘Vidigueira’, ‘Comum Frio’ e ‘Bertoni’ e a tangerineira ‘Carvalhais 173’, com médias de 1278,07, 1210,54, 1145,70 e 1220,77 cm², respectivamente, com diferenças significativas (P < 0,0001), agrupadas ainda com as copas ‘Jaffa’, ‘Berna Peret’, ‘Rhode Red’, ‘Finike’, ‘Tahiti ’ e ‘Cerrado’. Já no grupo com as menores áreas, foram destaque ‘Belladona’, ‘Valência’ e ‘Burgess’, com apenas 344,72, 387,09 e 433,10 cm², respectivamente. Para aquelas mudas que receberam irrigação, não houve diferenças significativas entre as áreas foliares das variedades estudadas (P = 0,1090) (Tabela 9).

No outono houve diferenças significativas entre as copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ irrigadas (P = 0,0033) e em déficit hídrico (P = 0,0103). As plantas com as maiores médias de área foliar’ foram as laranjeiras ‘Campbell’ (1320,34 cm²), ‘Jaffa’ (1300,93 cm²) e ‘Comum Frio’ (1250,70 cm²) quando irrigadas, mas, quando mantidas em regime de déficit hídrico, as copas ‘Carvalhaes 178’ (1255,92 cm²), ‘Jaffa’ (1103,91 cm²) e ‘Tahiti’ (1014,22 cm²) se destacaram no agrupamento das maiores médias. As menores médias dentro do segundo agrupamento foram observadas nas copas das tangerineiras ‘Ponkan’ (500,65 cm²) e ‘Carvalhaes 178’ (611,21 cm²) em regime de irrigação e tangerineiras ‘Burgess’ (304,54 cm²) e ‘Ponkan’ (336,99 cm²) em regime de déficit hídrico (Tabela 9).

4.5.2 Limoeiro ‘Cravo’

No que se refere às copas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, houve diferenças significativas tanto em regime de irrigação (P = 0,0004) quanto em déficit hídrico (P < 0,0001) na avaliação realizada na primavera. Entre as plantas mantidas em irrigação, as menores médias foram observadas nas tangerinas, que foram agrupados em um grupo inferior: ‘Burgess’, ‘Ponkan’, ‘Carvalhais 170’ e ‘Yoshida’, com médias de 573,32 cm², 680,40 cm², 939,43 cm² e 979,19 cm², respectivamente. Aquelas que obtiveram maiores médias de área foliar foram as laranjeiras ‘Campbell’ (1476,26 cm²), ‘Berna Peret’ (1476,59 cm²), ‘Caprichosa’ (1444,59) e ‘Comum Frio’ (1440,94 cm²), sem diferir

estatisticamente ao restante das copas. Para as plantas mantidas em déficit hídrico, as copas inferiores foram as mesmas. O grupo intermediário reuniu as copas cuja a área foliar variou de 824,31cm² à 957,26 cm². Já as médias superiores foram observadas nas laranjeiras 'Rhode Red' (1403,99 cm²), 'Burjasot' (1396,07 cm²), 'Bertoni' (1352,48 cm²) e 'Jaffa' (1352,48 cm²), sendo iguais estatisticamente às copas 'Vidigueira', 'Belladona', 'Seleta', 'Berna Peret', ' Campbell', 'Comum Frio' e 'Bidewells' (Tabela 9).

No outono, houve diferenças significativas entre as copas enxertadas em limoeiro 'Cravo irrigadas (P = 0,0001) e em déficit hídrico (P < 0,0001). Para as plantas submetidas à irrigação, as laranjeiras 'Crescent', 'Burjasot' e 'Comum Frio' se destacaram no grupo com as maiores áreas foliares, com 1505,88 cm², 1485,68 cm² e 1462,50 cm², respectivamente. Quando mantidas em déficit hídrico, há uma mudança no ranqueamento, sendo as maiores áreas foliares para 'Belladona', 'Jaffa' e 'Seleta', com 1488,14 cm², 1433,63 cm² e 1351,54 cm², respectivamente. As plantas que obtiveram as menores médias foram as tangerineiras 'Burgess' e 'Ponkan', nos dois regimes de irrigação. Todas as tangerineiras enxertadas em limoeiro 'Cravo' e mantidas em déficit hídrico foram agrupadas entre as copas com as menores médias de área foliar (Tabela 9).

Em termos relativos na primavera, as plantas que mais reduziram a área foliar quando submetidas ao déficit hídrico foram as laranjeiras 'Belladona', 'Valência' e 'Tua', com perdas de 67 %, 61 % e 48 %, respectivamente, quando enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon'. Em limoeiro 'Cravo', as plantas que mais reduziram a área foram a tangerineira 'Ponkan Yoshida', as laranjeiras 'Finike' e 'Caprichosa' e a limeira-ácida 'Tahiti' com perdas de 53 %, 35 %, 33 % e 33 %, respectivamente. As plantas em déficit hídrico que mais reduziram área em relação às irrigadas, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' no outono, foram a tangerineira 'Burgess' (decréscimo de 55%) e as laranjeiras 'Campbell', 'Seleta' e 'Crescent' (decréscimo de 48%, 41% e 40%, respectivamente). A tangerineira 'Burgess' e a laranjeira 'Crescent' também foram as que mais reduziram área quando enxertadas em limoeiro 'Cravo', com perdas de 49% e 44%, respectivamente (Tabela 9).

Entre as combinações que menos perderam área foliar estão: laranjeira 'Rhode Red', tangerineira 'Ponkan' e limeira ácida 'Tahiti' em trifoliata 'Flying Dragon' (11, 10 e 2% de perda, respectivamente); tangerineira 'Ponkan' e laranjeiras 'Comum Frio' e 'Jaffa' em limoeiro 'Cravo' (15, 11 e 6% de perda, respectivamente), na primavera. No

outono, as combinações que perderam menos área foliar foram a laranjeira ‘Rhode Red’ e as tangerineiras ‘Cavalhais 173’ e ‘Wallent’ enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’, com perdas de 1, 3 e 4%, nesta ordem); tangerineira ‘Ponkan’ e laranjeiras ‘Tua’ e ‘Caprichosa’, com perdas de 2, 6 e 11%, respectivamente (Tabela 9).

4.6 Índice de conteúdo de clorofila

Não houve interação entre os fatores em nenhum dos anos de avaliações, mostrando que, independentemente do porta-enxerto, as plantas com os menores índices foram as submetidas ao déficit hídrico ($P > 0,05$; $CV_{2022} = 27,21$; $Cv_{2023} = 15,89$). Houve diferença entre copas ($P < 0,0001$) nos dois anos avaliados, entre porta-enxertos em 2022 ($P = 0,0002$) e em 2023 ($P = 0,0388$) e entre regimes para os dois anos ($P = 0,0030$; $P < 0,0001$). Entre porta-enxertos, na primavera/2022, as plantas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ apresentaram maiores índices médios nas duas condições, de 7,09% no regime irrigado e 9,43% no regime de déficit hídrico em relação ao ‘Cravo’. Comportamento similar foi observado no outono/2023 (Tabela 10).

Tabela 10. Índice de conteúdo foliar de clorofila (ICC) de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2022, 2023.

Variedades Copa	Indice de Conteúdo de Clorofila (ICC)											
	FD		LC		Relativo*		FD		LC		Relativo*	
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	FD	LC	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	FD	LC
	2022						2023					
PV	100,38 a	84,75 a	77,83 a	80,05 a	0,84	1,03	144,72 a	129,55 a	121,13 a	122,75 a	0,90	1,01
JF	97,30 a	93,53 a	91,13 a	88,44 a	0,96	0,97	133,95 a	125,45 a	142,18 a	123,82 a	0,94	0,87
BD	81,30 b	94,07 a	95,65 a	79,54 a	1,16	0,83	137,60 a	127,37 a	140,57 a	113,02 a	0,93	0,80
VLJ	75,53 b	95,87 a	80,52 a	83,53 a	1,27	1,04	154,72 a	141,42 a	141,55 a	131,93 a	0,91	0,93
ST	92,80 a	109,10 a	80,15 a	93,33 a	1,18	1,16	137,20 a	139,88 a	135,53 a	133,15 a	1,02	0,98
BP	84,02 b	78,30 b	78,97 a	83,47 a	0,93	1,06	127,15 a	119,07 b	142,63 a	126,32 a	0,94	0,89
VC	98,63 a	88,60 a	86,10 a	84,70 a	0,90	0,98	148,62 a	135,12 a	143,75 a	139,40 a	0,91	0,97
LT	86,37 b	82,60 a	97,60 a	91,40 a	0,96	0,94	150,52 a	128,70 a	139,78 a	127,62 a	0,86	0,91
29	101,50 a	91,65 a	93,25 a	71,92 b	0,90	0,77	134,18 a	135,48 a	136,70 a	140,80 a	1,01	1,03
413	104,18 a	102,28 a	87,10 a	79,88 a	0,98	0,92	141,00 a	137,63 a	144,48 a	136,93 a	0,98	0,95
423	106,22 a	88,60 a	86,50 a	95,65 a	0,83	1,11	148,43 a	140,12 a	131,35 a	145,00 a	0,94	1,10
584	74,58 b	78,20 b	84,68 a	68,28 b	1,05	0,81	133,75 a	129,72 a	128,08 a	129,08 a	0,97	1,01
602	86,00 b	86,52 a	109,67 a	86,82 a	1,01	0,79	140,52 a	118,07 b	136,40 a	104,37 b	0,84	0,77
FM7	86,07 b	71,83 b	90,45 a	82,18 a	0,83	0,91	137,65 a	117,97 b	138,48 a	131,08 a	0,86	0,95
BM9	93,13 a	83,12 a	96,63 a	78,42 a	0,89	0,81	133,57 a	138,57 a	134,92 a	129,02 a	1,04	0,96
L10	86,42 b	102,60 a	81,67 a	78,93 a	1,19	0,97	149,65 a	132,68 a	128,15 a	131,03 a	0,89	1,02
170	65,48 b	66,98 b	64,17 b	67,40 b	1,02	1,05	131,42 a	116,33 b	149,55 a	116,20 a	0,89	0,78
173	84,18 b	79,22 b	49,88 b	58,50 b	0,94	1,17	125,18 a	138,78 a	131,17 a	116,47 a	1,11	0,89
178	77,00 b	68,90 b	73,60 b	62,55 b	0,89	0,85	143,17 a	114,88 b	142,60 a	111,13 a	0,80	0,78
MB	62,00 b	54,33 b	60,30 b	50,67 b	0,88	0,84	119,90 b	97,30 c	94,15 b	80,40 c	0,81	0,85
MW	83,75 b	66,48 b	70,10 b	62,26 b	0,79	0,89	117,12 b	108,58 b	125,30 a	113,95 a	0,93	0,91
MPY	63,93 b	55,38 b	55,25 b	53,70 b	0,87	0,97	93,07 c	87,78 c	98,75 b	78,37 c	0,94	0,79
VL	108,03 a	99,35 a	105,00 a	76,00 a	0,92	0,72	147,73 a	132,35 a	137,53 a	132,73 a	0,90	0,97
PK	93,02 a	97,63 a	84,27 a	78,97 a	1,05	0,94	134,83 a	110,97 b	113,46 b	116,40 a	0,82	1,03
TH	91,28 a	53,43 b	68,68 b	66,78 b	0,59	0,97	89,08 c	83,77 c	84,22 b	79,50 c	0,94	0,94
VCR	112,63 a	95,23 a	83,87 a	77,38 a	0,85	0,92	144,15 a	132,68 a	139,92 a	128,58 a	0,92	0,92
P	0,0001	0,0000	0,0001	0,0029	-	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

4.6.1 Trifoliata ‘Flying Dragon’

Na primavera, para a variável de índice de conteúdo foliar de clorofila, houve diferenças significativas (P = 0,0001) para as copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e irrigadas, com valores que variaram entre 63,93 até 112,63. As copas que obtiveram as maiores médias foram as laranjeiras ‘Cerrado’, ‘Valência’, ‘Rhode Red’ e ‘Bertoni’, com ICCs médios de 112,63, 108,03, 106,22 e 104,18, respectivamente, e acompanhadas pelas copas ‘Caprichosa’ (101,50), ‘Vidigueira’ (100,38), ‘Jaffa’ (97,30), ‘Campbell’ (98,63), ‘Bidewells’ (93,13), ‘Ponkan’ (93,02), ‘Seleta’ (92,80) e ‘Tahiti’ (91,28) no mesmo agrupamento. Por outro lado, as que obtiveram os menores índices incluíram as tangerineiras ‘Burgess’ (62,00), ‘Yoshida’ (63,93) e ‘Carvalhais 170’ (65,48), agrupadas de outras onze variedades. No déficit hídrico, também houve diferenças significativas (P < 0,0001), sendo as laranjeiras ‘Seleta’, ‘Nota 10’ e ‘Bertoni’ com as maiores médias (109,10; 102,60 e 102,28) dentre o agrupamento estatisticamente, enquanto a limeira-ácida ‘Tahiti’ e as tangerineiras ‘Burgess’, ‘Yoshida’ e ‘Wallent’ registraram as menores médias (53,43; 54,33; 55,38 e 66,48), dentro do agrupamento estatisticamente igual. No outono, houve diferenças significativas entre as copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ (P < 0,0001) em irrigação. A tangerineira ‘Yoshida’ e a limeira-ácida ‘Tahiti’ foram agrupadas com as menores médias, de 93,07 e 89,08. O agrupamento intermediário foi composto pelas tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Wallent’, com 119,90 e 117,12 de índice de conteúdo de clorofila médio. As laranjeiras ‘Burjasot’ (154,72), ‘Tua’ (150,52) e ‘Nota 10’ (149,65) apresentaram as maiores médias quando irrigadas, agrupadas com o restante das variedades copa. Em déficit hídrico, no agrupamento das menores médias, se apresentam novamente as copas de tangerineira ‘Yoshida’ e de limeira-ácida ‘Tahiti’, com 87,78 e 83,77 de média, acompanhadas pela tangerineira ‘Burgess’, com 97,30 de média. O grupo intermediário foi composto pelas variedades copa ‘Berna Peret’ (119,07), ‘Comum Frio’ (118,07), ‘Finike’ (117,97), ‘Carvalhais 170’ (116,33), ‘Carvalhaes 178’ (114,88), ‘Ponkan’ (110,97) e ‘Wallent’ (108,58). As laranjeiras Burjasot’ (141,42), ‘Rhode Red’ (140,12) e ‘Seleta’ (139,88) obtiveram maiores índices médios de conteúdo de clorofila no déficit hídrico, em trifoliata ‘Flying Dragon’, acompanhadas do restante das variedades empregadas (Tabela 10).

4.6.2 Limoeiro ‘Cravo’

Para as copas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, no experimento conduzido na primavera destacam-se as laranjeiras ‘Comum Frio’ (109,67) e ‘Valência’ (105,00) sob irrigação (P = 0,0001) dentre o agrupamento das maiores medias e as laranjeiras ‘Rhode Red’ (95,65) e ‘Seleta’ (93,33) no déficit hídrico (P = 0,0029). Vale ressaltar o agrupamento das menores médias, composto apenas com todas as tangerineiras e a limeira-ácida, variando de 49,88 a 70,10 no regime de irrigação. No regime de déficit hídrico, este padrão de agrupamento se repete, exceto pela presença das laranjeiras ‘Caprichosa’ e ‘Crescent’ no agrupamento das tangerineiras e limeira, com 71,92 e 68,28 de média. No outono, houve diferenças significativas (P < 0,0001) para plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ tanto irrigadas ou em déficit hídrico. No ano de 2023, houve agrupamento entre as três médias menores mantidas sob irrigação: limeira-ácida ‘Tahiti’ (84,22), tangerineira ‘Burgess’ (94,15) e tangerineira ‘Yoshida’ (98,75), que também foram as menores quando em déficit hídrico, com 79,80, 78,37 e 80,40, respectivamente. A tangerineira ponkan também se encontra no agrupamento das menores médias, em irrigação, com 113,46. Em irrigação, as copas que mais se destacaram entre as maiores médias foram a tangerineira ‘Carvalhais 170’, com 149,55 e as laranjeiras ‘Bertoni’ e ‘Campbell’, com 144,48 e 143,75 de média, dentre o restante das copas empregadas. Em déficit hídrico, houve separação de apenas uma copa como intermediária: laranjeira ‘Comum Frio’, com 104,37 de média (Tabela 10).

Em termos relativos, na primavera, as copas que mais reduziram o índice de conteúdo foliar de clorofila no déficit hídrico em relação ao controle irrigado foram a limeira-ácida ‘Tahiti’, a tangerineira ‘Wallent’ e as laranjeiras ‘Rhode Red’ e ‘Finike’ com perdas de 41%, 21%, 17% e 17%, respectivamente, para o porta-enxerto ‘Flying Dragon’. Para o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, as copas de laranjeiras ‘Valência’, ‘Caprichosa’ e ‘Comum Frio’ apresentaram as maiores perdas, de 28%, 23% e 21%, respectivamente. No outono, as tangerineiras ‘Carvalhaes 178’, ‘Burgess’ e ‘Ponkan’ reduziram 20%, 19% e 18%, respectivamente, no ICC quando enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’. Quando enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, as copas com as maiores reduções foram laranjeira ‘Comum Frio’ (-23%) e tangerineiras ‘Carvalhais 170’ (-22%), ‘Carvalhaes 178’ (-22%) e ‘Yoshida’ (-21%) (Tabela 10).

4.7 Temperatura do dossel

Para a variável de temperatura do dossel das plantas, não houve diferenças entre copas (P= 0,8885) nem entre porta-enxertos (P = 0,1151). Por outro lado, houve diferenças entre os regimes aplicados (p = 0,0002), com CV de 2,815. Quando mantidas em déficit hídrico, as plantas demonstraram maior temperatura média (37,81 ºC) quando comparadas às mantidas em regime de irrigação (37,35 ºC). Não houve interação entre as variáveis de copa e porta enxerto (P = 0,9999); copa e regime (P = 0,0824); porta-enxerto e regime (P = 0,9781); e copa, porta-enxerto e regime (P = 0,9626) (Tabela 11). Além disso, provavelmente as condições foram muito quentes no viveiro, fazendo as médias de todas as plantas se aproximarem.

Tabela 11. Temperatura do dossel de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2023.

Variedades Copa	Temperatura do Dossel (ºC)				Relativo*	
	FD		LC			
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	FD	LC
PV	37,36 a	37,24 a	36,75 a	37,05 a	1,00	1,01
JF	37,75 a	36,77 a	37,40 a	37,80 a	0,97	1,01
BD	37,14 a	37,18 a	37,62 a	36,63 a	1,00	0,97
VLJ	37,66 a	37,45 a	37,29 a	36,84 a	0,99	0,99
ST	37,42 a	37,01 a	36,94 a	37,04 a	0,99	1,00
BP	37,61 a	38,38 a	37,53 a	37,18 a	1,02	0,99
VC	37,73 a	37,69 a	37,78 a	37,35 a	1,00	0,99
LT	37,45 a	37,93 a	36,79 a	38,09 a	1,01	1,04
29	37,15 a	38,28 a	37,12 a	38,06 a	1,03	1,03
413	38,58 a	36,55 a	37,39 a	37,45 a	0,95	1,00
423	37,64 a	37,04 a	37,35 a	36,92 a	0,98	0,99
584	37,22 a	38,13 a	37,32 a	37,35 a	1,02	1,00
602	37,54 a	38,30 a	37,22 a	37,84 a	1,02	1,02
FM7	37,81 a	38,00 a	38,01 a	37,59 a	1,01	0,99
BM9	36,64 a	38,41 a	37,55 a	37,82 a	1,05	1,01
L10	37,38 a	37,85 a	36,91 a	38,50 a	1,01	1,04
170	37,53 a	37,54 a	36,29 a	37,91 a	1,00	1,04
173	37,51 a	37,62 a	37,77 a	38,18 a	1,00	1,01
178	37,26 a	38,11 a	37,14 a	38,05 a	1,02	1,02
MB	37,90 a	37,85 a	37,84 a	38,31 a	1,00	1,01
MW	37,00 a	38,90 a	36,76 a	38,14 a	1,05	1,04
MPY	36,81 a	39,04 a	37,14 a	38,62 a	1,06	1,04
VL	37,48 a	38,98 a	36,44 a	37,94 a	1,04	1,04
PK	37,43 a	38,32 a	37,97 a	37,66 a	1,02	0,99
TH	37,19 a	38,32 a	37,34 a	37,99 a	1,03	1,02
VCR	37,29 a	38,62 a	37,01 a	38,21 a	1,04	1,03
P	0,9968	0,2184	0,9658	0,7717	-	-

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

4.8 Massa seca de raiz

Para a variável massa seca de raiz, houve diferenças significativas entre copas, porta-enxertos e regimes (P < 0,0001), com interação entre copa e porta-enxerto (P = 0,0164; CV= 22,71). Nos dois regimes empregados, as plantas enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' foram aproximadamente 25,8% superiores em massa seca de raiz em comparação com aquelas enxertadas em limoeiro 'Cravo', mas as plantas irrigadas apresentaram 18,7% mais massa de raiz em média do que plantas em sequeiro (Tabela 12).

4.8.1 Trifoliata 'Flying Dragon'

Neste porta-enxerto, 16 copas se agruparam entre aquelas que induziram maiores médias de massa seca de raiz em irrigação, destacando-se as laranjeiras 'Burjasot' com 63,17 g, 'Belladona' e 'Rhode Red' com 61,50 g e 'Bertoni' e "Valência', com 61,17 g. Já no grupo de copas com menor massa de raiz, aquelas que demonstraram as menores médias foram a tangerineira 'Burgess', com 34,83 g, e a limeira-ácida 'Tahiti', com 35,00 g (P < 0,0001), acompanhadas das copas 'Crescent', 'Nota 10', 'Carvalhais 173', 'Carvalhaes 178', 'Wallent', 'Yoshida' e 'Ponkan', no mesmo agrupamento. Nas plantas mantidas em sequeiro, também se formaram dois grupos. Entre aquelas que obtiveram maiores médias de massa seca de raiz, destacaram-se as laranjeiras 'Bertoni', 'Jaffa', 'Rhode Red', 'Cerrado' e 'Caprichosa', com médias de 52,2 g (P < 0,0001). No grupo com menor massa seca de raiz, as duas menores médias foram atribuídas às mesmas copas das irrigadas, a limeira-ácida 'Tahiti' e tangerineira 'Burgess', com 28,83 g e 31,33 g, nesta ordem (Tabela 12).

A média geral das plantas enxertadas e 'Flying Dragon' e mantidas em déficit hídrico foi de 44,16 g. As combinações das copas de laranjeiras 'Bertoni', 'Jaffa', 'Rhode Red' e 'Caprichosa' com este porta enxerto variaram bem acima da média geral, com valores de 55,67, 51,83, 51,67 e 51,00, respectivamente.

4.8.2 Limoeiro 'Cravo'

Neste porta-enxerto, um pequeno número de variedades agrupou-se com menores massas secas de raiz em ambos os regimes hídricos. Sob irrigação, o grupo foi formado por tangerineiras ‘Burgess’, ‘Carvalhaes 178’, ‘Ponkan’ e ‘Yoshida’, limeira-ácida Tahiti e laranjeiras ‘Crescent’ e ‘Rhode Red’. Por outro lado, as maiores médias de massa seca de raiz em irrigação foram observadas nas laranjeiras ‘Cerrado’, ‘Nota 10’, ‘Comum Frio’ e ‘Campbell’, com médias de 50,17, 49,17, 48,17 e 48,00 g, respectivamente, dentre o restante das variedades deste agrupamento. Quanto às plantas que foram mantidas em déficit hídrico, o agrupamento das menores médias (P = 0,0006) reuniu as tangerineiras ‘Burgess’ com 19,50 g; ‘Ponkan’ com 26,33 g; ‘Carvalhais 173’ com 27,83 g e a limeira-ácida ‘Tahiti’ com 23,67 g. Todas as laranjeiras foram agrupadas com maior massa de raiz, destacaram-se as laranjeiras ‘Jaffa’, ‘Caprichosa’ e ‘Berna Peret’ acima de 40 g (Tabela 12).

As copas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ que mais reduziram massa seca de raiz quando submetidas ao déficit hídrico foram as laranjeiras ‘Belladona’, ‘Finike’ e ‘Tua’ e a tangerineira ‘Carvalhais 170’, com decréscimo de 31, 27, 26 e 31%, nessa ordem. Enquanto, para as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, as copas que mais reduziram massa foram as tangerineiras ‘Carvalhais 173’ e ‘Burgess’, a laranjeira ‘Cerrado’ e a limeira-ácida ‘Tahiti’, com perdas de 34, 30, 32% e 29%, respectivamente. Por outro lado, as copas que melhor preservaram o sistema radicular mesmo em déficit hídrico foram as copas de laranjeira ‘Berna Peret’ e ‘Nota 10’ e a tangerineira ‘Carvalhaes 178’ em trifoliata ‘Flying Dragon’ e as copas de laranjeiras ‘Jaffa’, ‘Berna Peret’ e ‘Caprichosa’ em limoeiro ‘Cravo’ (Tabela 12).

Tabela 12. Massa seca de raiz de mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetidas ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2023

Variedades Copa	Massa seca de raiz (g)				Relativo*	
	FD		LC		FD	LC
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico		
PV	58,33 a	48,17 a	43,50 a	38,67 a	0,83	0,89
JF	60,00 a	51,83 a	47,67 a	47,17 a	0,86	0,99
BD	61,50 a	42,17 b	43,50 a	36,83 a	0,69	0,85
VLJ	63,17 a	49,33 a	41,83 a	37,83 a	0,78	0,90
ST	51,00 a	40,40 b	44,00 a	37,33 a	0,79	0,85
BP	41,83 b	41,83 b	44,17 a	42,17 a	1,00	0,95
VC	54,67 a	47,00 a	48,00 a	38,00 a	0,86	0,79
LT	54,00 a	40,17 b	40,17 a	34,00 a	0,74	0,85
29	61,00 a	51,00 a	43,00 a	42,00 a	0,84	0,98
413	61,17 a	55,67 a	45,83 a	34,33 a	0,91	0,75
423	61,50 a	51,67 a	38,17 b	35,67 a	0,84	0,93
584	45,83 b	42,67 b	38,17 b	35,83 a	0,93	0,94
602	56,83 a	44,50 a	48,17 a	35,33 a	0,78	0,73
FM7	57,67 a	42,33 b	45,50 a	35,33 a	0,73	0,78
BM9	58,50 a	47,67 a	41,33 a	38,50 a	0,81	0,93
L10	46,17 b	46,83 a	49,17 a	41,83 a	1,01	0,85
170	57,17 a	39,67 b	39,83 a	34,17 a	0,69	0,86
173	48,67 b	42,83 b	42,00 a	27,83 b	0,88	0,66
178	48,83 b	49,67 a	34,00 b	31,17 a	1,02	0,92
MB	34,83 b	31,33 b	27,67 b	19,50 b	0,90	0,70
MW	44,00 b	38,83 b	42,00 a	35,67 a	0,88	0,85
MPY	40,50 b	39,00 b	37,33 b	32,17 a	0,96	0,86
VL	61,17 a	48,00 a	43,00 a	33,67 a	0,78	0,78
PK	40,00 b	36,00 b	32,00 b	26,33 b	0,90	0,82
TH	35,00 b	28,83 b	33,17 b	23,67 b	0,82	0,71
VCR	55,17 a	50,83 a	50,17 a	34,00 a	0,92	0,68
P	0,0000	0,0000	0,0051	0,001	-	-

* Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey (p ≤0,05).

4.9 Índice de Mulamba e Mock (1978)

De acordo com o índice de seleção de Mulamba e Mock, na primavera, as variedades copa mais bem colocadas, quando enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e mantidas em regime de irrigação foram as laranjeiras ‘Bidewells Bar’, ‘Pera Vidigueira’, e ‘Caprichosa’, na 1ª, 2ª e 3ª colocação. Já as três piores colocações foram ocupadas pelas tangerineiras ‘Carvalhais 170’, ‘Ponkan Yoshida’, em 19ª lugar e ‘Burgess’, em 20º lugar. Quando mantidas sob regime de déficit hídrico, as copas melhores colocadas foram as laranjeiras ‘Valência Bertoni’ e ‘Jaffa’ empatadas na 1ª posição, ‘Valência Late Burjasot’ e ‘Rohde Red’ na 2ª e 3ª posição, respectivamente. Quando se trata das plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e irrigadas, as três melhores colocadas são as laranjeiras ‘Caprichosa’, ‘Comum Resistente ao Frio’ e ‘Bidewells Bar’, nas duas primeiras posições. As tangerineiras ‘Ponkan’, ‘Wallent’ e ‘Burgess’ ocuparam as três últimas posições. Nas plantas mantidas sob déficit hídrico, as três primeiras colocações foram ocupadas pelas laranjeiras ‘Seleta Tardia’, ‘Pera Vidigueira’ e ‘Belladona’ e as duas últimas pelas tangerineiras ‘Ponkan Yoshida’ e ‘Wallent’ (Tabela 13).

No outono, as variedades melhores colocadas quando enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e irrigadas foram as laranjeiras ‘Valência late Burjasot’, ‘Caprichosa’ e ‘Valência’, nas três primeiras colocações. Já as três últimas colocações foram ocupadas pelas tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Burgess’ e pela laranjeira ‘Berna Peret’. Quando em déficit hídrico, as variedades copa enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ mais bem colocadas foram as laranjeiras ‘Bertoni’, ‘Pera Vidigueira’ e ‘Caprichosa’, ocupando as três primeiras posições. Já as duas últimas posições foram ocupadas pelas tangerineiras "‘Ponkan’ e ‘Burgess’. Quando enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e irrigadas, as três primeiras colocações foram ocupadas pela tangerineira ‘Carvalhais 170’ e pelas laranjeiras ‘Valência Campbell’, ‘Comum Resistente ao Frio’. Novamente, nas duas últimas colocações foram ocupadas por tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Burgess’. Por outro lado, quando mantidas sob déficit hídrico, as primeiras colocações foram ocupadas pelas laranjeiras ‘Seleta Tardia’, ‘Caprichosa’ e ‘Nota 10’, enquanto as duas últimas posições, assim como entre as plantas irrigadas, foram ocupadas pelas tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Burgess’.

Quando considerado IMM gera, ou seja, o ranqueamento da somatória do desempenho das copas em todos os porta-enxertos, regimes e anos de avaliações,

as copas mais bem colocadas foram as laranjeiras ‘Caprichosa’, ‘Pera Vidigueira’, ‘Jaffa’ e ‘Bidewells’ enquanto aquelas que ocuparam as últimas colocações foram as tangerineiras ‘Wallent’, ‘Yoshida’, ‘Ponkan’ e ‘Burgess’.

Tabela 13. Índice de Seleção Mulamba e Mock (1978) para mudas de 26 variedades copas de citros enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e mantidas sob irrigação e déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação nos anos de 2022 e 2023.

Variedades Copa	Índice de Mulamba e Mock								Média	Índice Final*
	FD		LC		FD		LC			
	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico	Irrigado	Déficit hídrico		
	2022				2023					
29	3	5	1	18	2	3	5	2	4,88	1
PV	2	8	6	2	6	2	15	6	5,88	2
JF	11	1	4	8	10	4	6	4	6,00	3
BM9	1	8	2	9	8	7	10	9	6,75	4
VLJ	13	2	12	5	1	8	8	8	7,13	5
423	4	3	10	4	7	5	18	8	7,38	6
413	7	1	9	12	8	1	7	18	7,88	7
VC	10	14	3	11	4	12	2	11	8,38	8
BD	10	11	7	3	11	14	7	7	8,75	9
L10	15	8	7	13	13	6	11	3	9,50	10
602	8	6	2	6	15	16	3	20	9,50	10
ST	13	12	11	1	16	15	14	1	10,38	11
FM7	5	15	3	16	12	18	9	5	10,38	11
VCR	7	4	14	24	5	9	4	16	10,38	11
VL	11	18	8	10	3	11	16	10	10,88	12
173	6	4	16	15	13	10	9	21	11,75	13
LT	9	17	5	7	12	20	12	14	12,00	14
178	15	10	10	20	14	13	8	12	12,75	15
BP	14	7	13	14	22	21	8	5	13,00	16
170	19	11	7	19	9	19	1	19	13,00	16
TH	12	9	8	21	19	16	14	22	15,13	17
584	17	19	11	23	16	22	13	13	16,75	18
MW	18	16	18	17	17	17	17	15	16,88	19
MPY	19	13	15	25	18	19	19	17	18,13	20
PK	16	14	17	22	20	23	20	23	19,38	21
MB	20	20	19	26	21	24	21	24	21,88	22

*O índice final é a somatória do desempenho de casa copa em todas as situações, ranqueados.

4.10 Coeficiente de Correlação de Pearson

Na primavera, entre as plantas irrigadas e enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’, houve correlação significativa positiva entre AF e ICC, mostrando que quanto maior a área foliar, maior o índice de conteúdo de clorofila. Houve também correlação significativa entre CB e MT, porém negativa, ou seja, quanto maior o comprimento do broto, menor a massa total de plantas + sacolas (Figura 5A). Já quando mantidas em déficit hídrico, as mesmas combinações apresentaram correlação significativa ente ICC e TDH (negativa) e entre MT e TDH (positiva). Assim, sobre ‘Flyong Dragon’ em sequeiro, quanto maior o índice de conteúdo de clorofila, menor o número de dias para murchar; e quanto maior a massa total de plantas, maior o número de dias para murchar (Figura 5B). Quando enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e mantidas em regime de irrigação, houve correlação significativa positiva apenas entre AF e ICC (Figura 5C). Quando mantidas em déficit hídrico, houve correlações significativas positivas entre as variáveis AF e ICC e entre MT e TDH, mostrando que quanto maior a área foliar, maior o índice de conteúdo de clorofila e quanto maior a massa total, mais dias a planta demorou para murchar. Também houve correlações significativas negativas entre as variáveis AF e MT; AF e TDH; ICC e MT; e ICC e TDH, o que significa que quanto maior a expansão do limbo foliar e o índice de conteúdo de clorofila, menor a massa total da sacola e o número de dias para secar (Figura 5D).

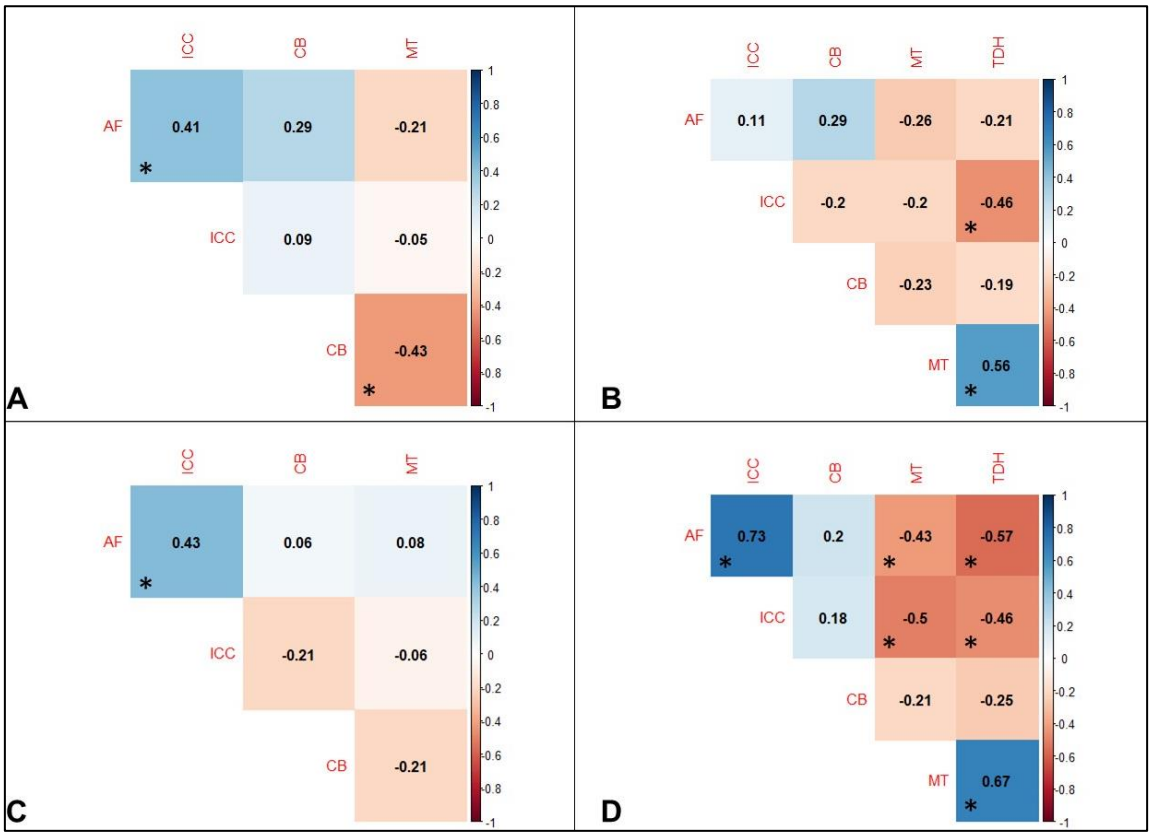

Figura 5. Coeficiente de Correlação de Pearson de área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa total (MT) e tolerância ao déficit hídrico (TDH) associadas a 26 variedades copa enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo, no ano de 2022. A) Plantas irrigadas, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon'; B) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon'; C) Plantas irrigadas, enxertadas em limoeiro 'Cravo'; e D) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em limoeiro 'Cravo'. *: $p < 0,05$

No outono, foi possível incluir a variável massa seca de raiz nas análises. As variáveis das plantas enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' e mantidas irrigadas no ano de 2023 que tiveram correlação significativa positiva foram: AF e MSR; e ICC e MSR. Isso significa que quanto maior variável de massa seca das raízes, maiores áreas foliares e conteúdo de clorofila (Figura 6A). Já quando o déficit hídrico foi aplicado nas combinações com trifoliata 'Fying Dragon', as correlações significativas positivas foram observadas entre as variáveis: AF e CB; AF e MSR; ICC e MSR; e CB e MSR, sendo todas diretamente proporcionais. Por outro lado, as correlações significativas negativas observadas foram entre as variáveis AF e TDH, e CB e TDH, sendo inversamente proporcionais (Figura 6B). Mesmo sem significância, os

coeficientes foram elevados entre MSR e TDH (inversos) e MT e TDH (diretos). Quando as combinações com o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ foram mantidas sob irrigação, no ano de 2023, as variáveis que demonstraram correlações positivas e significativas foram AF e ICC; AF e CB; AF e MSR; e ICC e MSR (Figura 6C). Entretanto, para as mesmas combinações mantidas em déficit hídrico, houve correlação positiva e significativa entre AF com todas as outras variáveis analisadas, exceto com MT e TDH que obtiveram correlações significativas negativas. Houve correlação positiva significativa também entre ICC e MSR; CB e MSR; e MT e TDH. Outras correlações significativas, porém, negativas foram observadas entre CB e TDH; MSR e MT (Figura 6D).

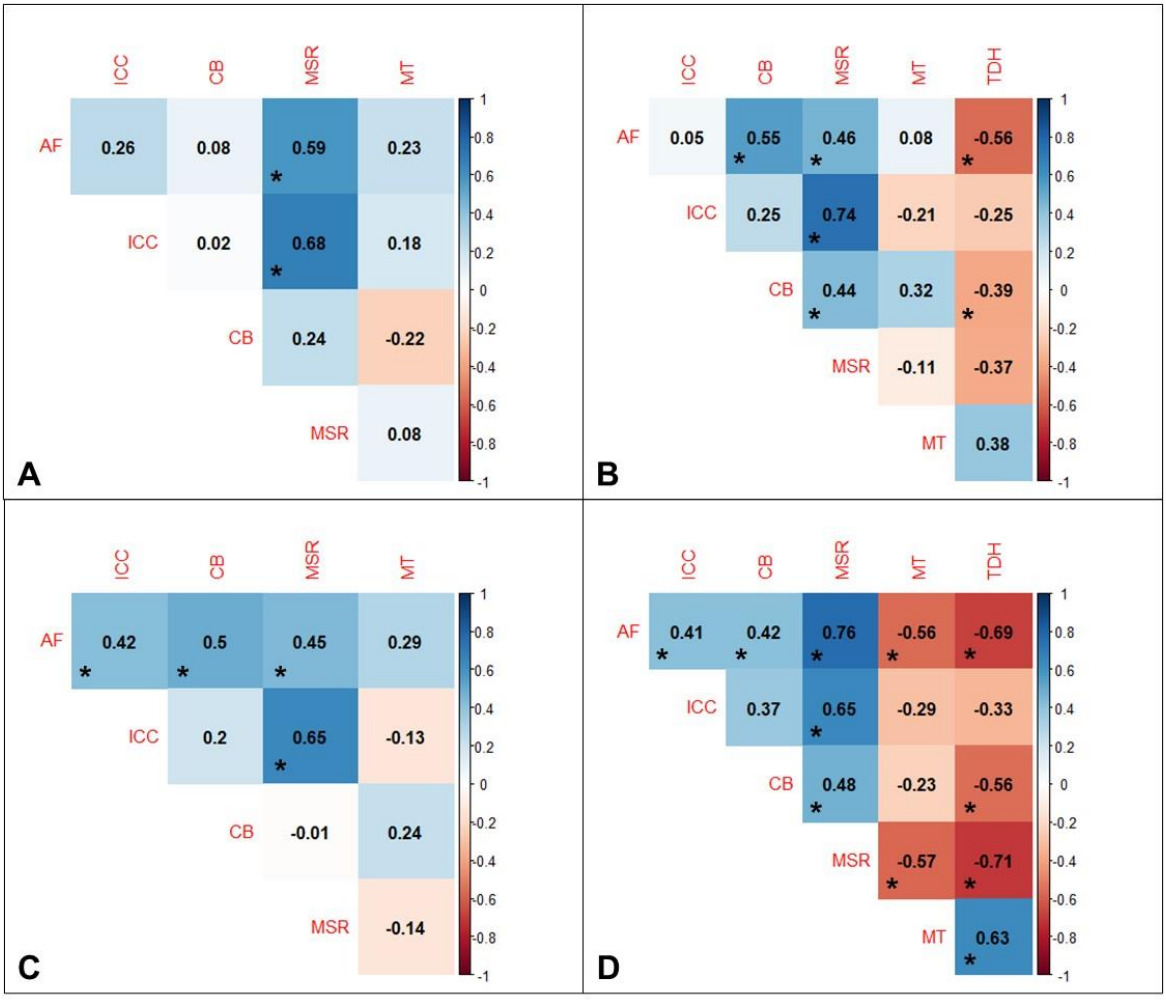

Figura 6. Coeficiente de Correlação de Pearson de área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa seca de raiz (MSR), massa total (MT), tolerância ao déficit hídrico (TDH) associadas a 26 variedades copa enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo, no ano de

2023 A) Plantas irrigadas, enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’; B) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’; C) Plantas irrigadas, enxertadas em limoeiro ‘Cravo’; e D) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em limoeiro ‘Cravo’. *: $p < 0,05$

4.11 Análise de Componentes Principais (ACP)

Na primavera, a análise de componentes principais (ACP) indicou a organização das variedades copa em seis grupos quando consideradas as variáveis: área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa total (MT) e tolerância ao déficit hídrico (TDH) (Figura 7). Para as plantas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e irrigadas, as laranjeiras ‘Bidewells’, ‘Vidigueira’, ‘Burjasot’, as tangerineiras ‘Carvalhais173’ e ‘Carvalhaes 178’ e a limeira ‘Tahiti’ foram agrupadas no grupo 1, consideradas copas com desempenhos bons em comprimento de broto (mais vigorosas) e que absorveram mais água do recipiente. O grupo 2 foi composto pelas copas de vigor intermediário: laranjeiras ‘Jaffa’, ‘Cerrado’, ‘Valência’ e ‘Caprichosa’ e ‘Rhode Red’, sendo aquelas que melhor expandiram o limbo foliar. O grupo 3, contendo as laranjeiras ‘Seleta’, ‘Bertoni’, ‘Comum Frio’, ‘Belladona’, ‘Finike’, ‘Campbell’, ‘Tua’, ‘Crescent’, ‘Nota 10’ e a tangerineira ‘Wallent’. Houve a separação de algumas tangerineiras em dois grupos: ‘Carvalhais 170’ e ‘Yoshida’ no grupo 4, que são as tangerineiras que obtiveram desempenhos melhores em comprimento de broto (mais vigorosas) e ‘Burgess’ e ‘Ponkan’ no grupo 6, que foram aquelas que, entre as tangerineiras foram menos vigorosas e com menos área foliar. A laranjeira ‘BP’ foi separada do restante das outras variedades copa, no grupo 5, tendo massa total elevada e vigor médio. Dim1 explicou 43,7% da variância total e Dim2, 28,4%. As variáveis que melhor representaram este componente foram AF e CB, com valores de r de 0,74 e 0,71, respectivamente (Figura 7A).

Já para as plantas em ‘Flying Dragon’ e mantida sob déficit hídrico, também divididas em seis agrupamentos, as copas que compuseram o grupo 1 (médio vigor em crescimento e boa área foliar, absorção intermediária de água do recipiente e tolerância ao déficit hídrico também intermediária) foram a limeira ácida ‘Tahiti’, as tangerineiras ‘Carvalhais 173’, Carvalhaes 178’, ‘Yoshida’ e ‘Wallent’ e as laranjeiras ‘Rhode Red’, ‘Finike’, ‘Bidewells’, ‘Vidigueira’, ‘Caprichosa’, ‘Comum Frio’, ‘Burjasot’ e ‘Campbell’. O grupo 2, composto pelas laranjeiras ‘Jaffa’ e ‘Bertoni’ representa aquelas

que menos toleraram o déficit hídrico em casa de vegetação, com médios índices de conteúdo de clorofila. A copa de laranjeira ‘Belladona’ foi separada no grupo 3, com alto índice de clorofila e baixa tolerância a seca. O grupo 4, composto pelas laranjeiras ‘Valência’, ‘Nota 10’, ‘Seleta’ e ‘Crescent’ e pela tangerineira ‘Ponkan’, representa as copas que tiveram desempenho médio à baixo em comprimento de broto e área foliar. No grupo 5, as laranjeiras “Cerrado’ e ‘Berna Peret’, foram aquelas tiveram desempenho intermediário na tolerância ao déficit hídrico. O grupo 6, composto apenas pela tangerineira ‘Burgess’ representa tolerância ao déficit hídrico alta e baixa absorção de água, aliada à baixa área foliar. Dim1 explicou 40,3% e Dim2 25,8% da variância total. As variáveis MT e TDH foram aquelas que mais tiveram percentual de variação com significância, com r = 0,78 e r =0,84, respectivamente (Figura 7B).

Para as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e mantidas sob irrigação houve a separação das copas em seis grupos: o grupo 1, composto pelas laranjeiras e tangerineiras que obtiveram desempenhos intermediários. O grupo 2, representado pelas laranjeiras ‘Jaffa’, ‘Seleta’ e ‘Belladona’ significa crescimento de broto de médio a baixo e expansão de área foliar e conteúdo de clorofila altos. A laranjeira ‘Bidewells’ foi separada no grupo 3, representando comprimento de broto, área foliar e índice de clorofila elevados. De maneira semelhante a tangerineira ‘Carvalhais 170’ foi separada no grupo 4, tendo um elevado valor de comprimento de broto. No grupo 5, é representada as copas com menores índices de conteúdo de clorofila (tangerineiras).O grupo 6, composto pelas copas que menos demonstraram crescimento de broto e expansão de área foliar: ‘Burgess’ e ‘Ponkan’. Dim1 explicou 36,7% da variância total e Dim2 29,7%. As variáveis AF e ICC foram as que que melhor representaram este componente, com r = 0,77 e r = 0,85, nesta ordem (Figura 7C).

Quando as mesmas combinações foram mantidas sob déficit hídrico, o cenário se altera. O grupo 2, composto pelas tangerineiras ‘Yoshida’ e ‘Carvalhaes 178’, laranjeira ‘Crescent’ e limeira ‘’Tahiti’, representa aquelas plantas que absorveram menos água do recipiente e obtiveram desempenhos médios em tolerância ao déficit hídrico. O grupo 3, representado apenas pela laranjeira ‘Comum Frio’ é aquele que obteve índices médios de área foliar e conteúdo de clorofila, porém, baixo comprimento de broto. No grupo 4 se encontra a tangerineira ‘Burgess’ que esteve entre as copas que mais toleraram o déficit hídrico em casa de vegetação, assim como a tangerineira ‘Ponkan’, no grupo 5. No grupo 6 está a laranjeira ‘Cerrado’, que obteve vigor baixo, média expansão de área foliar e alto índice de clorofila. Dim1 explicou

55,6% e Dim2 18,2% da variância total. As variáveis que melhor representaram este componente foram: AF e CB, com valores de r de 0,83 e 0,91, respectivamente (Figura 7D). As dimensões 1 e 2 foram as que mais tiveram percentual de variação com significância em todos os casos (Figura 7).

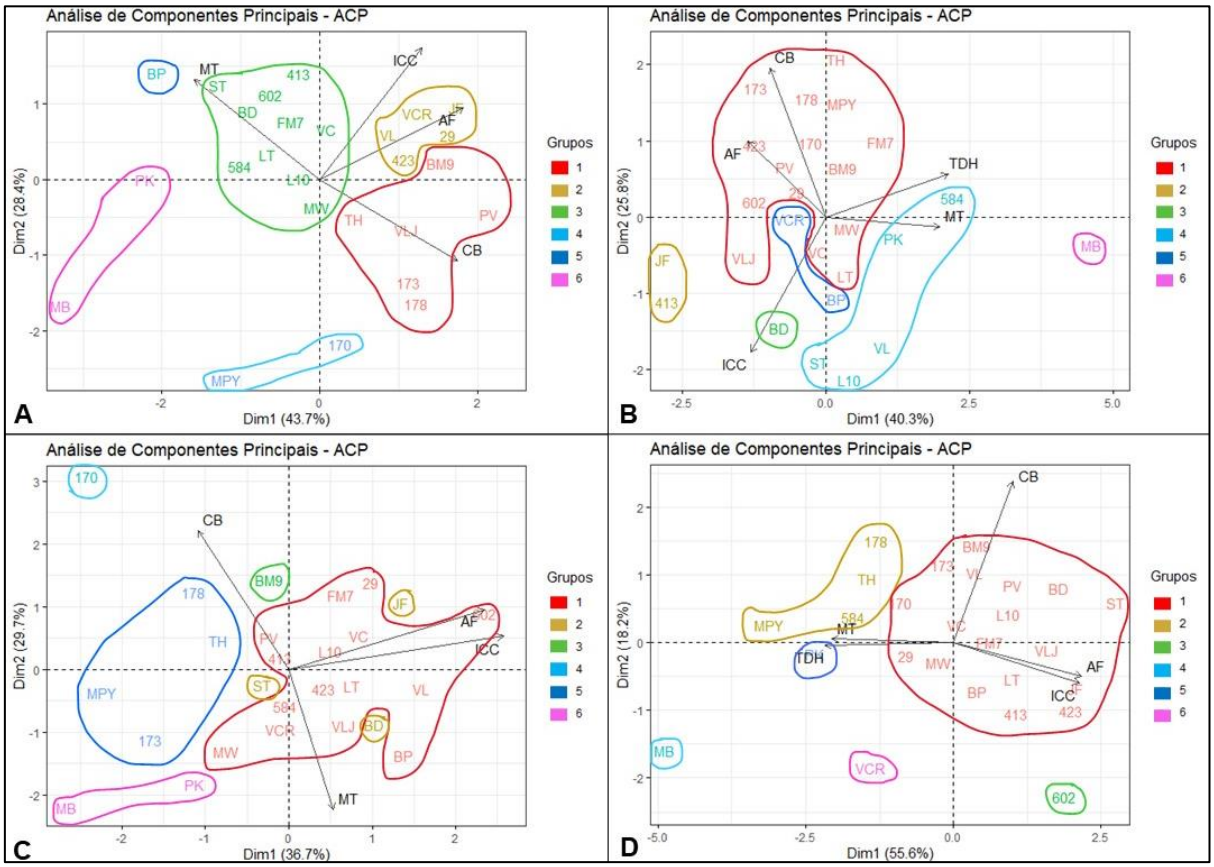

Figura 7. Análise de Componentes Principais (Dim1 e Dim2) no experimento conduzido na primavera de 2022 mostra a distribuição de 26 variedades copa enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo associadas à área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa total (MT) e tolerância ao déficit hídrico (TDH). A) Plantas irrigadas, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon'; B) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon'; C) Plantas irrigadas, enxertadas em limoeiro 'Cravo'; e D) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em limoeiro 'Cravo'.

No segundo experimento, no outono, a análise de componentes principais (ACP) novamente indicou a organização das variedades copa em seis grupos quando consideradas as variáveis: área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa seca de raiz (MSR), massa total (MT) e tolerância

ao déficit hídrico (TDH) (Figura 8). Para as plantas enxertadas em trifoliata ‘Flying Dragon’ e mantidas sob regime de irrigação, Dim1 explicou 42,6% da variância total e Dim2 explicou 25,1 e as variáveis que mais representaram esse componente foram MSR e CB. com valores de r = 0,92 e r = 0,80, respectivamente. Houve agrupamento (2) das laranjeiras ‘Bertoni’, ‘Belladona’, ‘Jaffa’ e ‘Comum Frio’, que são aquelas que obtiveram desempenhos bons em área foliar. A tangerineira ‘Burgess’ e a laranjeira ‘Berna Peret’ foram reunidas no grupo 3, representando baixo desempenho em conteúdo de clorofila e massa seca de raiz. Por outro lado, tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Carvalhaes 178’ foram reunidas no grupo 4, juntamente com as laranjeiras ‘Nota 10’ e ‘Tua’, representando baixa expansão de érea foliar. No grupo 5, com vigor alto em crescimento de broto e médio em massa seca de raiz está a tangerineira ‘Wallent’. E, no grupo 6 estão as copas que obtiveram menores índices de clorofila e massa seca de raiz: tangerineira ‘Yoshida’ e limeira ‘Tahiti’ (Figura 8A).

Quando mantidas sob déficit hídrico, as mesmas combinações de copa e porta-enxerto demonstraram comportamentos um pouco diferentes, porém ainda em seis grupos. O grupo 1, composto pelas laranjeiras ‘Finike’, ‘Bidewells’, ‘Caprichosa’, ‘Campbell’, ‘Valência’, ‘Burjasot’, ‘Rhode Red’, ‘Vidigueira’, ‘Nota 10’ e ‘Bertoni’ e pelas tangerineiras ‘Carvalhais 170’ e ‘Carvalhais 173’ representam vigores maiores (comprimento de broto, área foliar e massa seca de raiz. A laranjeira ‘Jaffa’ foi separada no grupo 2, tendo baixa tolerância ao déficit hídrico em casa de vegetação e alto índice de conteúdo de clorofila. assim como de massa seca de raiz. O Grupo 3 representas plantas que tiveram vigor bom em comprimento de broto, sendo formado pelas laranjeiras ‘Crescent’, ‘Berna Peret’, ‘Tua’, ‘Comum Frio’, ‘Belladona’, ‘Seleta’ e ‘Cerrado e pela tangerineira ‘Wallent’. O grupo 4, formado apenas pela tangerineira ‘Carvalhaes 178’ representa altos valores de comprimento de broto e área foliar. Novamente, um grupo (5) formado pelas tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Ponkan’, que tiveram as menores áreas foliares e maior tolerância ao déficit hídrico em casa de vegetação. No grupo 6, representado pela tangerineira ‘Yoshida’ e limeira ‘Tahiti’, estão aquelas que obtiveram maiores comprimentos de broto, porém baixos índices de conteúdo de clorofila. Dim1 e Dim2 explicaram 44,4% e 24% da variância total, respectivamente. As variáveis que melhor representaram este componente foram MT e MSR, com valores de r de 0,86 e 0,83 (Figura 8B).

Para as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e mantidas sob regime de irrigação, as variáveis que mais representaram o componente principal foram também

AF e MSR, com r = 0,83 e r = 0,74, nesta ordem. Dim1 explicou 43,2% da variância total e Dim2 explicou 29,1%. Foram formados seis grupos. O grupo 1, composto pelas laranjeiras ‘Rhode Red’, ‘Vidigueira’, ‘Valência’, ‘Bidewells’, ‘Tua’, ‘Nota 10’, ‘Berna Peret’, ‘Caprichosa’, ‘Comum Frio’, ‘Cerrado’, ‘Campbell’ e pela tangerineira ‘Wallent’ representa plantas que obtivera, índices médios em comprimento de broto e área foliar e valores maiores de massa seca de raiz. No grupo número 2 estão agrupadas as laranjeitas ‘Seleta’ e ‘Jaffa’, que obtiveram vigor baixo na parte aérea (comprimento de broto’ e vigor alto na massa seca de raiz. O terceiro agrupamento, composto pelas laranjeiras ‘Burjasot’, ‘Belladona’, ‘Bertoni’ e ‘Crescent’ e pela tangerineira ‘Carvalhais 173’ representa plantas que obtiveram alto vigor e expansão de área foliar. As tangerineiras ‘Carvalhais 170’ e ‘Carvalhaes 178’, agrupadas juntas (Grupo 4) representam bom desempenho comprimento de broto, índice de conteúdo de clorofila e massa seca de raiz e médio em área foliar. O grupo 5, formado pelas tangerineiras ‘Busgess’ e ‘Ponkan’ representou plantas menos vigorosas. A tangerineira ‘Yoshida’ e a limeira ‘Tahiti’ (grupo 6), representam baixo vigor em raiz e alto na parte aérea (Figura 8C).

Quando mantidas sob déficit hídrico, foram também agrupadas em seis grupos distintos. O grupo 1, formado pelas laranjeiras ‘Caprichosa’, ‘Berna Peret’, ‘Nota 10’, ‘Rhode Red’, ‘Finike’, ‘Vidigueira’, ‘Bidewells’, ‘Burjasot’, ‘Seleta’, ‘Belladona’ e ‘Jaffa’ representam baixa tolerância ao déficit hídrico e alta expansão foliar e acumulo de massa seca de raiz. O grupo 2, formado pelas laranjeiras ‘Bertoni’, ‘Valência’, ‘Campbell’, ‘Crescent’, ‘Comum Frio’, ‘Cerrado’ e ‘Tua’ e pelas tangerineiras ‘Carvalhais 170’, ‘Carvalhais 173’ e ‘Carvalhaes 178’ representam maiores massas secas de raiz. A tangerineira ‘Burgess’ foi separada do restante (grupo 3), tendo alta tolerância a seca e baixo vigor, assim como a tangerineira ‘Wallent’ (grupo 4), com baixa tolerância a seca e a tangerineira ‘Ponkan’ (grupo 6), com alta tolerância a seca e baixa massa seca de raiz. A tangerineira ‘Yoshida’ foi agrupada novamente com a limeira ‘Tahiti’, tendo menor tolerância a seca que as demais tangerinas. Dim1 explicou 60,3% da variância total e Dim2 14,2%. As variáveis que melhor representaram este componente, foram MSR (r = 0,91) e TDH (r = -0,86) (Figura 8D).

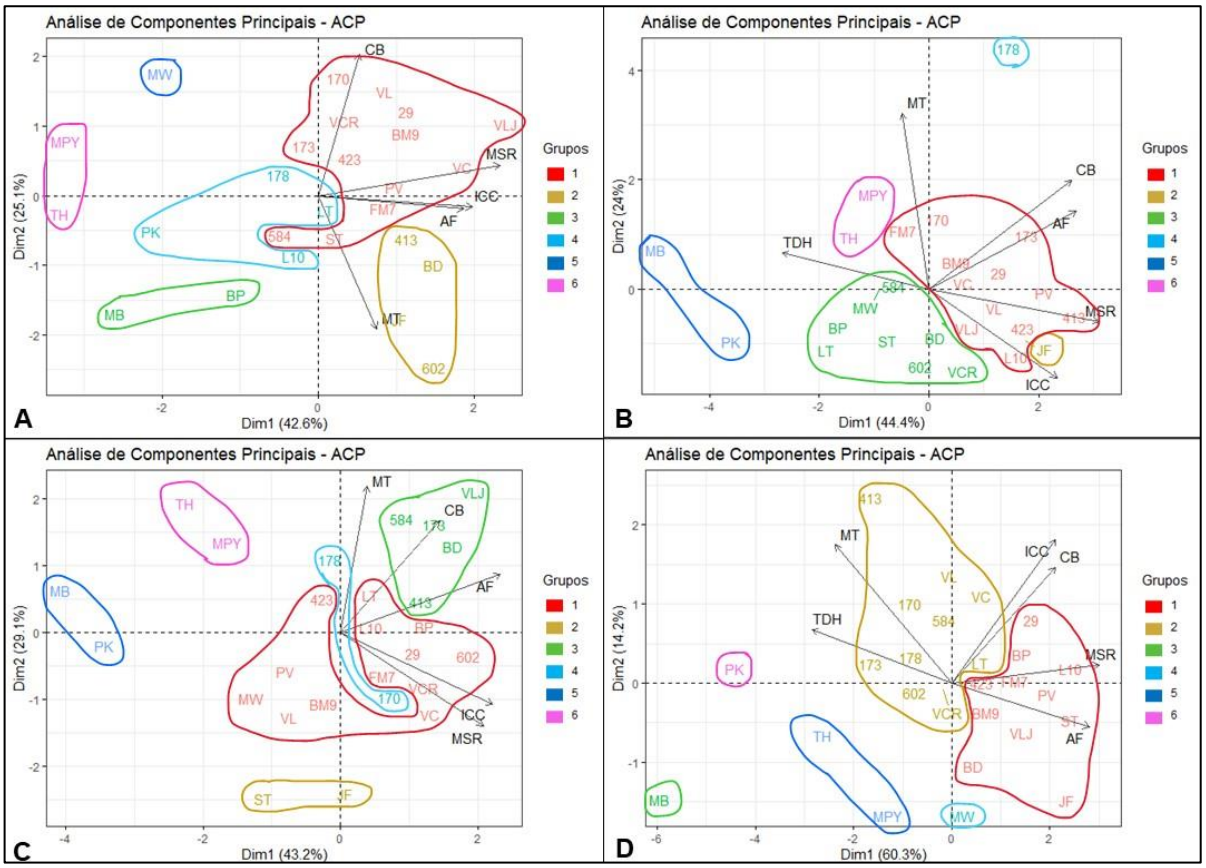

Figura 8. Análise de Componentes Principais (Dim1 e Dim2) do experimento conduzido no outono de 2023 mostra a distribuição de 26 variedades copa enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo associadas à área foliar (AF), comprimento do broto (CB), diâmetro de caule acima (DCAc) e abaixo (DCAb) da enxertia, índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa seca de raiz (MSR), massa total (MT), tolerância ao déficit hídrico (TDH) e volume de raiz (VR). A) Plantas irrigadas, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon'; B) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon'; C) Plantas irrigadas, enxertadas em limoeiro 'Cravo'; e D) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em limoeiro 'Cravo'.

Na segunda opção de agrupamento de dados (separando apenas ano e regime de irrigação, tem-se que, para as plantas irrigadas, na primavera/2022, a análise de componentes principais (ACP) indicou a organização das variedades copa em seis grupos quando consideradas as variáveis: área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC) e massa total (MT). O primeiro grupo é composto pelas plantas de 'Tua' e 'Bidewells' em 'Cravo' e de 'Cerrado', 'Burjasot', 'Bidewells', 'Carvalgais 173', 'Vidigueira' e 'Tahiti' em 'Flying Dragon', representando aquelas combinações que obtiveram desempenhos médios. O grupo 2 é formado

pelas plantas de ‘Comum Frio’, ‘Finike’, ‘Rhode Red’, ‘Seleta’, ‘Bertoni’, ‘Belladona’, ‘Berna Peret’, ‘Jaffa’, ‘Nota 10’, ‘Tua’, ‘Crescent’, ‘Burjasot’ e ‘Campbell’ em ‘Flying Dragon’ e pelas plantas de ‘Comum Frio’, ‘Finike’, ‘Burjasot’, ‘Berna Peret’, ‘Belladona’, ‘Jaffa’, ‘Campbell’, ‘Caprichosa’, ‘Nota 10’, ‘Cerrado’, ‘Crescent’, ‘Seleta’, ‘Vidigueira’, ‘Tahiti’, ‘Bertoni’ e ‘Rhode Red’ em limoeiro ‘Cravo’. As copas ‘Carvalhaes 178’, ‘Carvalhais 170’ e ‘Yoshida’ enxertadas em ‘Flying Dragon’ e as copas ‘Wallent’, ‘Ponkan’, ‘Yoshida’ e ‘Carvalhaes 178’ enxertadas em ‘Cravo’ formam o grupo 3, composto somente por tangerineiras, influenciadas principalmente pelo índice de conteúdo de clorofila que essas combinações apresentaram. O grupo 4 foi formado apenas pela tangerineira ‘Carvalhais 170’ enxertada em ‘Cravo’, uma representando combinação, dentre as tangerineiras, mais vigorosa e com menor índice de conteúdo de clorofila. O mesmo aconteceu no grupo 5, o qual foi formado apenas pela tangerineira ‘Carvalhais 173’ enxertada em ‘Cravo’. O grupo 6, formado pelas tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Burgess’ enxertadas em ‘Flying Dragon’ e ‘Burgess’ enxertada em ‘Cravo’, representa combinações que não foram vigorosas. As variáveis que melhor representaram esse componente foram ICC e CB, com r= 0,85 e 0,79, respectivamente. Dim1 explicou 37,6% da variância total e Dim2, 31,8% (Figura 9A).

Para as plantas mantidas em déficit hídrico, na primavera/2022, a análise de componentes principais (ACP) indicou a organização das variedades copa em seis grupos quando consideradas as variáveis: área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa total (MT) e tolerância ao déficit hídrico (TDH). A combinação de tangerineira ‘Carvalhais 170’ em ‘Cravo’ foi agrupada separadamente (grupo 6), sendo uma combinação de baixa tolerância ao déficit hídrico. As copas ‘Ponkan’ e ‘Crescent’ enxertadas em ‘Cravo’ e ‘Ponkan’ e ‘Cerrado’ enxertadas em ‘Flying Dragon’ foram reunidas no grupo 5, representando combinações que possuíram tolerância ao déficit hídrico e área foliar de baixa a média. O grupo 4 foi formado pelas copas de ‘Burgess’ enxertadas nos dois porta-enxertos e ‘Crescent’ em ‘Flying Dragon’, representando combinações que tiveram alta tolerância ao déficit hídrico em casa de vegetação, aliadas a um baixo índice de clorofila. As variedades ‘Yoshida’, ‘Carvalhaes 178’, ‘Berna Peret’, ‘Campbell’, ‘Wallent’, ‘Tua’ e ‘Carvalhais 170’ enxertadas em ‘Flying Dragon’ e as variedades ‘Cerrado e ‘Yoshida’ em ‘Cravo’ formaram o grupo 3, representando combinações com baixa e média tolerância ao déficit hídrico e pouca expansão de área foliar (exceto a laranjeira ‘Berna Peret’. O grupo 2, formado pelas variedades ‘Seleta, ‘Nota 10’, ‘Burjasot’ e ‘Belladona’

enxertadas em ‘Flying Dragon’ representam combinações que demonstraram baixa expansão de área foliar e tolerância visual ao déficit hídrico em casa de vegetação. O restante das combinações foi agrupado no grupo 1, que representa desempenhos próximos. As variáveis que melhor representaram esse componente foram TDH e AF, com r= -0,82 e 0,71, respectivamente. Dim1 explicou 43,3% da variância total e Dim2, 25,5% (Figura 9B).

Para as plantas sob irrigação, no outono/2023, a análise de componentes principais (ACP) indicou a organização das variedades copa em seis grupos quando consideradas as variáveis: área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa seca de raiz (MSR) e massa total (MT). As variáveis que melhor representaram esse componente foram AF e ICC, com r= 0,75 e 0,74, respectivamente. Dim1 explicou 35,8% da variância total e Dim2, 28,1% (Figura 9C).

Para as plantas mantidas em déficit hídrico, no outono/2023, a análise de componentes principais (ACP) indicou a organização das variedades copa em seis grupos quando consideradas as variáveis: área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa seca de raiz (MSR) massa total (MT)e tolerância ao déficit hídrico (TDH). As variáveis que melhor representaram esse componente foram TDH e AF, com r= -0,90 e 0,79, respectivamente. Dim1 explicou 50,4% da variância total e Dim2, 21,3% (Figura 9D).

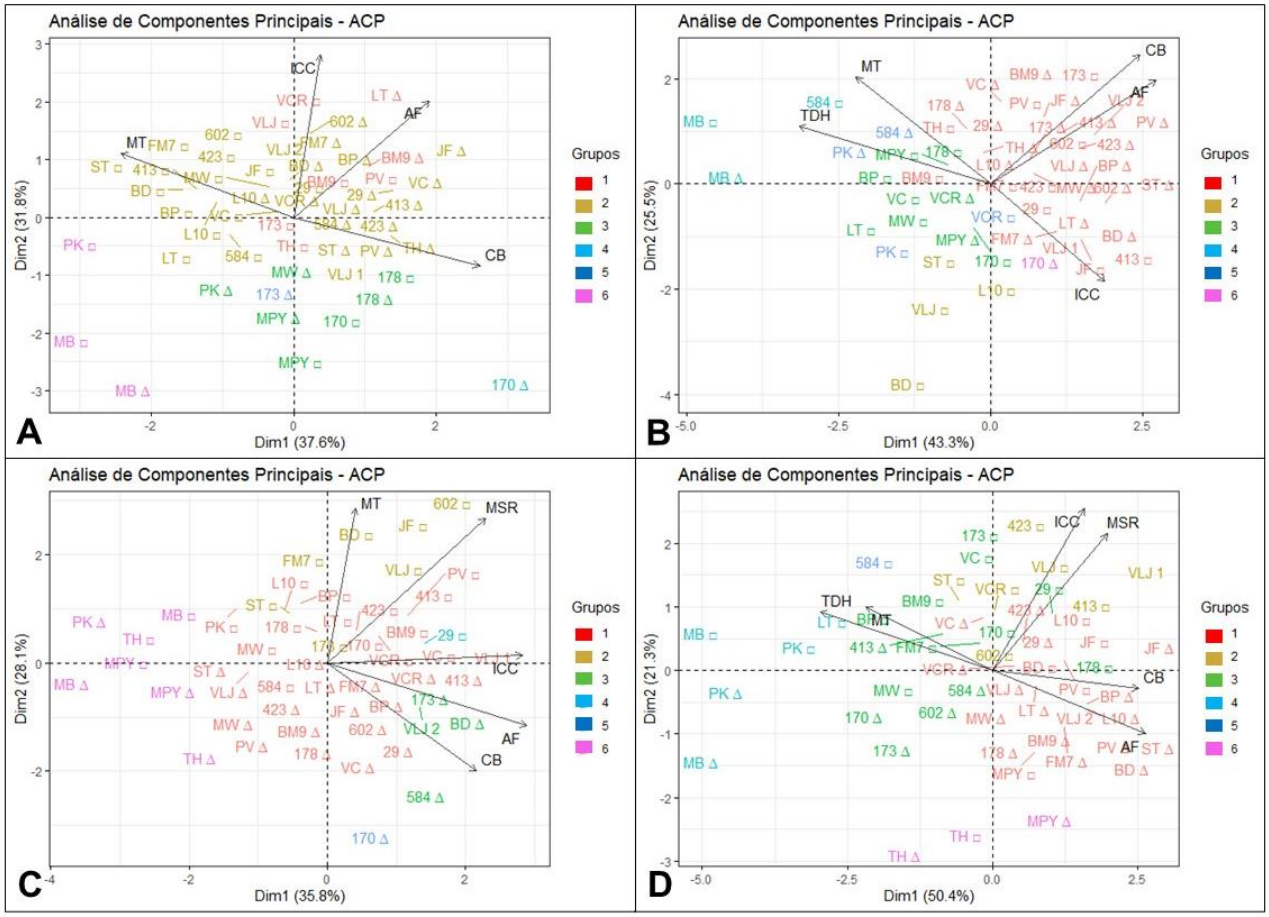

Figura 9. Análise de Componentes Principais (Dim1 e Dim2) dos experimentos conduzidos na primavera de 2022 e no outono de 2023 mostra a distribuição de 26 variedades copa enxertadas em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo associadas à área foliar (AF), comprimento do broto (CB), índice de conteúdo de clorofila (ICC), massa seca de raiz (MSR), massa total (MT), tolerância ao déficit hídrico (TDH) e volume de raiz (VR). A) Plantas irrigadas, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' (□) e em limoeiro 'Cravo' (Δ) na primavera de 2022; B) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' (□) e em limoeiro 'Cravo' (Δ) na primavera de 2022; C) Plantas irrigadas, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' (□) e em limoeiro 'Cravo' (Δ) no outono de 2023; D) Plantas em déficit hídrico, enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon' (□) e em limoeiro 'Cravo' (Δ), no outono de 2023.

5. DISCUSSÃO

No ano de 2010, 195 variedades de copas do Banco Ativo de Germoplasma da Fundação Coopercitrus Credicitrus foram enxertadas no trifoliata ‘Flying Dragon [*P. trifoliata* (L.) Raf. var. *monstrosa* (T. Itô) Swingle] e plantadas no campo em Bebedouro (SP). Essas plantas foram mantidas em cultivo de sequeiro, na região norte do estado de São Paulo, e apenas 23 delas apresentaram maior taxa de sobrevivência após dez anos, sugerindo maior tolerância ao déficit hídrico mesmo em combinação com um porta-enxerto intolerante à seca, enquanto todas as outras morreram gradativamente. Essa resposta poderia ser resultado da interação entre genótipo (copa/porta-enxerto) e ambiente.

Considerando-se o impacto severo que o déficit hídrico causa em variedades comerciais de citros, e que observações de campo sugerem que as copas podem apresentar tolerâncias distintas mesmo quando enxertadas em porta-enxertos intolerantes à seca, neste trabalho buscou-se selecionar um conjunto de variedades copas promissoras, em comparação a variedades comerciais de referência, em condições de viveiro com base em variáveis biométricas de fácil medição e análises estatísticas diversas, para que a seleção se torne mais rápida. A viabilidade e limitações dessa seleção inicial, com vistas à identificação de variedades com respostas diferencias para posterior validação com base em variáveis fisiológicas específicas e estudo em campo, são discutidas a seguir.

O estresse abiótico é definido como uma ou mais condições ambientais que limitam o potencial genético da planta (Taiz et al., 2017). Quando em déficit hídrico, as plantas tendem, por exemplo, a reduzir a transpiração (Allen et al., 1998). Em citros, a limitação do fornecimento de água afeta diretamente no desenvolvimento e crescimento, o que leva à um prejuízo nos processos reprodutivos e, consequentemente na produção (Vincent et al., 2020).

É relevante destacar os porta-enxertos de citros influenciam diretamente na tolerância à seca, entre outras características hortícolas (Barry et al., 2004; Romero et al., 2006). No entanto, em condição de recipiente com capacidade limitada, o comportamento das plantas quanto à tolerância à seca difere daquilo observado no campo, onde o solo não é limitado. Em outras palavras, a planta que mais demora para murchar em casa de vegetação é aquela que murcharia mais rapidamente em campo, influenciado, em primeiro momento, pelo porta-enxerto e a exploração do

ambiente e disponibilidade de água (Neves et al., 2017; Santana-Vieira et al., 2016). Em condições de vaso, características de maior tolerância ao déficit hídrico do limoeiro ‘Cravo’ não foram manifestadas, e, em contrapartida, o trifoliata induziu maior tolerância à seca nas copas nesse mesmo ambiente, o que pode ser relacionado ao próprio sistema radicular desses dois porta-enxertos. Quando a laranjeira ‘Valência’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e trifoliata foram mantidas em regime de irrigação diário e deficiência hídrica crescente, foi constatado que plantas enxertadas em trifoliata demoraram mais para sentir os efeitos da deficiência hídrica aplicada (Medina et al., 1998; Medina et al., 1999).

Neste trabalho, as tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Ponkan’ obtiveram as maiores médias de tempo para murcha (dias), independente do porta-enxerto empregado e do ano de avaliação, sendo assim consideradas mais tolerantes ao déficit hídrico em casa de vegetação. A laranjeira ‘Comum Frio’ teve em geral área foliar grande, mas demorou mais para secar podendo ter desenvolvido um mecanismo para menor transpiração como o fechamento de estômatos (Pinheiro e Chaves, 2011). Essa resposta pode estar associada à menor área foliar e broto da copa, portanto, menor taxa de transpiração. Pela lógica de seleção proposta, em condições de campo seria esperado um comportamento contrário (Neves et al., 2017; Santana-Vieira et al., 2016), visto que uma influência mutua da combinação de copa e porta-enxerto possa ter ocorrido, pois em condições de deficiência hídrica, o grau de tolerância é influenciado de forma mais significativa por esse fator (Carboneau, 1985; Souza et al., 2001). Essas variações podem indicar que o desempenho das copas, independente do porta-enxerto, pode depender das condições hídricas. Por outro lado, as tangerineiras ‘Carvalhais 170’, ‘Carvalhaes 178’ e ‘Wallent’ obtiveram as menores médias de tempo para secagem entre as tangerineiras avaliadas. Por outro lado, a laranjeira ‘Jaffa’ apresentou baixa tolerância à seca em casa de vegetação sobre ‘Flying Dragon’ e ‘Cravo’ nos dois anos avaliados, com um tempo de murcha abaixo da média das demais copas. Originária de Israel, onde é amplamente cultivada (Ishfaq et al., 1999), essa laranjeira possui vigor moderado em campo e incompatibilidade com trifoliatas após alguns anos de plantio. Ramos et al. (2016) classificaram as laranjeiras ‘Jaffa’ e ‘Bidewells’ com baixa sensibilidade à seca em condições de campo, o que corrobora com o resultado deste trabalho, onde as mesmas laranjeiras foram sensíveis ao déficit hídrico, em casa de vegetação. O limoeiro ‘Cravo’ é um dos porta-enxertos recomendados para essa cultivar (Hartmann et al., 2002; Oliveira,

2008b). Em casa de vegetação, foi a menos tolerante ao déficit hídrico, embora tenha perdido pouca massa seca de raiz quando enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Em condições irrigadas e sequeiro, essa mesma laranjeira apresentou elevado vigor vegetativo, denotado pelo comprimento do broto, área foliar e massa seca de raiz, sugerindo que o vigor da combinação copa/porta-enxerto possa ser um elemento passível de seleção ainda no viveiro para tolerância à seca.

De fato, as correlações significativas e negativas entre o tempo de murcha ou as medidas gravimétricas com as variáveis biométricas demonstram que, variedades com folhas e brotos menores ou menor massa de raízes resultaram em menor necessidade hídrica. Nesse sentido, as variáveis utilizadas nesse trabalho apresentaram relevância para o objetivo da seleção indireta e são de fácil execução, podendo ser um critério auxiliar em etapas iniciais do melhoramento. De acordo apenas com a análise de tolerância ao déficit hídrico (tempo para murcha), baseada em notas visuais, e levando em consideração o fato de o comportamento das plantas em recipientes limitados serem ao contrário do observado em campo, as copas de laranjeiras ‘Rhode Red’, ‘Jaffa’, ‘Nota 10’ e tangerineiras ‘Carvalhaes 178’, ‘Wallent’ e ‘Yoshida’ seriam as mais promissoras como tolerantes ao déficit hídrico. A análise seria útil para seleção rápida de genótipos tolerantes ao déficit hídrico.

Como esperado, plantas mantidas sob déficit hídrico perderam massa conforme os dias sem fornecimento de água aumentavam e, independente do ano ou porta-enxerto, as plantas que menos absorveram água foram as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Burgess’. Isso pode ser indicativo da existência de mecanismos de ajustes fisiológicos nessas variedades-copa em condições de limitação de umidade no substrato (Suassuna et al., 2014). Utilizando apenas a variável gravimétrica no dia final de avaliação das plantas não é possível inferir quais as cultivares mais promissoras, porém, quando analisadas dia a dia, é possível verificar o comportamento das cultivares distinto ao longo do período de avaliação. É importante destacar que a massa das sacolas entre as variedades copa foi muito similar, indicando boa padronização inicial das plantas usadas nesse trabalho, um requisito importante para a seleção adequada com base nas variáveis avaliadas.

Fleta-Soriano e Munné-Bosch (2016) afirmaram que, em resposta ao estresse hídrico, ocorre uma redução do crescimento, corroborando com a observação de redução de comprimento de broto nas copas estudadas, comparando as plantas mantidas sob déficit hídrico com o controle irrigado. Considerando que a brotação da

copa está diretamente relacionada à interação entre variedades copa e porta-enxerto, fato explorado para reduzir tamanho e vigor de plantas cítricas (Bowman e Joubert, 2020; Spiegel-Roy e Goldschmidt, 2008), a maioria das combinações de copa e porta-enxerto reduziram consideravelmente o crescimento dos brotos em função do corte de fornecimento de água. Quando é feita a relação entre o comprimento do broto das plantas mantidas sob déficit hídrico e o controle irrigado, resultando na perda relativa, é evidenciado, no ano de 2023, a redução expressiva na taxa de crescimento das plantas empregadas no trabalho. Isso é corroborado por Zaher-Ara et al. (2016), que observaram um decréscimo significativo no tamanho de dez espécies de citros submetidas ao estresse hídrico, assim como a diminuição de massa fresca e seca dos brotos e raízes. Carvalho et al. (2021) observaram que, em quatro variedades copa (laranjeiras 'Pera' e 'Folha Murcha', tangerineira 'Ponkan' e limeira-ácida 'Tahiti') quando enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon', demonstram menores brotos comparados a outros oito porta-enxertos, em condições de sequeiro em campo. Neste trabalho, os brotos das plantas enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon', demonstraram menores comprimentos médios em relação aquelas enxertadas em limoeiro 'Cravo', mesmo em casa de vegetação. Esse comportamento consistente mesmo em mudas é interessante, pois abre perspectiva de diferenciar o vigor das combinações copa/porta-enxerto precocemente. Nesse sentido, ao analisar somente a variável de comprimento do broto, é possível selecionar plantas que se desenvolveriam melhor em condições de estresse hídrico: as variedades de laranjeira 'Vidigueira' e tangerineira 'Yoshida', pois, analisando os dois anos e os dois porta-enxertos, foram aquelas que, em média, perderam menos em comprimento de broto.

Sob condições de estresse, uma das consequências é o decréscimo do processo e área fotossintetizante, aliado ao aumento da senescência e alteração no número das folhas. Os resultados obtidos demonstraram que a área foliar do broto submetido ao déficit hídrico foi maior nas combinações de 'Vidigueira', 'Bertoni', 'Yoshida' e 'Valência' nos dois porta enxertos; 'Burjasot', 'Seleta', 'Berna Peret', 'comum Frio', 'Carvalhais 173', 'Tahiti' e 'Cerrado' em 'Flying Dragon'; e 'Jaffa', 'Bidewells', 'Rhode Red' e 'Wallent' em 'Cravo', demonstrando que mesmo em déficit hídrico, foram capazes de expandir ou manter suas áreas foliares (Fleta-Soriano e Munné-Bosch, 2016; Singh e Afria, 1988; Fathi e Tari, 2016). A variável de área foliar pode ser útil para a seleção rápida e inicial quando se tem um grande número genótipos para serem analisados quanto à tolerância ao déficit hídrico, no sentido de

se manter aqueles que não tenham redução na área decorrente do déficit hídrico. A seleção dos genótipos com base em morfologia das folhas pode ser um critério interessante, considerando-se que as espécies de citros apresentam grande variação para tamanho de folha ou espessura cutícula, desde folhas pequenas em citros xerófilos como a lima-do-deserto-australiana até folhas largas em toranjas que são tipicamente tropicais (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996). No entanto, dentro das laranjeiras não há tanta variabilidade nesse caráter, e o efeito da interação copa/porta-enxerto versus déficit hídrico sobre a área foliar pode ser mais assertivo. Nesse caso, destaca-se a laranjeira 'Comum Resistente ao Frio', que manteve uma grande área foliar mesmo tendo um maior tempo de murcha, sugerindo mecanismos distintos daquelas variedades que apresentaram pequena área foliar ou murcha rápida.

Neste trabalho, as plantas submetidas ao déficit hídrico sempre apresentaram menores índices de conteúdo de clorofila. A falta de umidade no substrato resulta em diminuição do conteúdo de clorofila, como observado por Deidda et al. (1996), onde houve uma correlação significativa entre variáveis colorimétricas e conteúdo de água nas folhas em laranjeira 'Washington Navel'. Em plantas de laranjeira 'Folha Mucha' e limeira-ácida 'Tahiti', foi observado que as plantas com maiores notas de tolerância à seca foram aquelas com maiores índices colorimétricos (Cantuárias-Avilés, 2011, 2012). A redução de clorofila nas folhas de plantas em déficit ocorre, pois, a taxa de assimilação de CO_2 é diminuída (Kramer e Boyer, 1995), causando um desequilíbrio na atividade fotoquímica (Santos et al., 2006). A avaliação índice de clorofila apresenta potencial para a seleção para tolerância à seca, porém é necessário que sejam feitas avaliações complementares, como a fluorescência de clorofila (Van Kooten; Snel, 1990).

Os resultados obtidos através da termometria demonstraram que, de forma geral, as plantas mantidas sob regime de déficit hídrico estavam mais quentes que aquelas mantidas sob regime de irrigação. Testi et al. (2008) observaram que a temperatura da copa de arvores de pistache (*Pistacia vera* L.) estressadas foi mais alta do que das árvores que foram irrigadas e que as aplicações de irrigação diminuíram a diferença. Para plantas cítricas em recipientes, resultados próximos foram encontrados, pois plantas de pomeleiro 'Ruby Red' enxertadas em US-492 (*C sunki* × *P. trifoliata* var. *monstrosa*) e laranjeira-doce 'Valência' enxertada em laranjeira-azeda (*C. aurantium*) demonstraram queda na temperatura conforme maior disponibilidade de água (Vieira e Ferrarezi, 2021). Porém, a avaliação não se mostrou

útil para a seleção de genótipos tolerantes ao déficit hídrico, devido à proximidade de temperatura entre todos os genótipos estudados, seja copa ou porta-enxertos. Talvez outras técnicas mais precisas baseadas em espectroscopia a laser possam distinguir variedades da mesma espécie em condições hídricas diversas (Kubota et al., 2017).

Apesar do fato do limoeiro ‘Cravo’ ser considerado um porta-enxerto mais vigoroso do que trifoliata ‘Flying Dragon’ (Roncato, 2021), quando as mudas foram enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, a massa seca de raiz diminuiu na maioria das copas empregadas sob déficit hídrico. Surpreendentemente, a massa seca de raiz do trifoliata foi grande, o que pode estar relacionado à idade das mudas, condições de cultivo na sacola, temperatura do ar em que as plantas foram cultivadas e mesmo as características do sistema radicular como raiz pivotante mais espessa (Rodrigues et al., 2015). Em termos de massa de matéria seca, houve relação positiva com as variáveis de parte aérea e inversa com o tempo de murcha. Portanto, selecionar copas/porta-enxerto com maior massa de raiz pode ser uma estratégia. A formação de grupos distintos quanto à massa seca de raiz indicou que a copa de fato influenciou no crescimento do sistema radicular, sendo uma relação recíproca. Por esse critério, as variedades mais promissoras incluem ‘Jaffa’, ‘Caprichosa’, ‘Bertoni’, ‘Rhode Red’ e ‘Cerrado’ em ‘Flying Dragon’ e ‘Jaffa’, ‘Berna Peret’ e ‘Caprichosa’ em ‘Cravo’.

Apesar do cultivo protegido ter a vantagem do controle fitossanitário tem-se o fator da alta temperatura do ar, aumentada principalmente pelo material usado na cobertura dessas estruturas, como o plástico (Machado et al., 2005). É fato que a temperatura do ar dentro da casa de vegetação, principalmente no período da primavera pode ter limitado o crescimento das plantas, porém, todas as copas foram submetidas às mesmas temperaturas.

Análise conjunta dos resultados das tangerineiras ‘Burgess’ e ‘Ponkan’ nos dois porta-enxertos revela perdas do potencial de crescimento do broto, juntamente com as maiores reduções na área foliar e conteúdo de clorofila, indicando adaptações e possíveis mecanismos de tolerância em casa de vegetação (Fristche Neto e Borém, 2011). Avaliando área foliar, comprimento de broto ou massa seca de raiz, é possível ter boa assertividade sobre tolerância ao déficit hídrico. As boas correlações entre biometria (comprimento de broto, área foliar e massa seca de raiz comparado com tolerância visual ao déficit hídrico e gravimetria), indicam que o vigor pode ser um fator para seleção preliminar. Algumas exceções como ‘Comum Frio’, com área foliar elevada, mas demora a secar. Por isso, apesar da variação de dados, a seleção

proposta de IMM é complementar. Os resultados observados no presente trabalho mostram que, independentemente do regime aplicado às combinações de copa e porta-enxerto, existiu uma correlação positiva entre a área foliar e tamanho do broto, mais acentuada em condições de déficit hídrico. A redução na expansão foliar foi observada quando a planta se encontrava em estresse hídrico, momento em que a planta utiliza essa característica adaptativa para equilibrar a perda de água (Taiz et al., 2017). Além disso, quando as plantas foram mantidas sob déficit hídrico, houve uma correlação positiva entre os dias decorridos até a murcha das plantas e a massa total, isto é, quanto maior o número dias para a planta atingir a nota 1 de murcha, maior é a sua massa pela medida gravimétrica. É possível, assim, inferir que essas plantas conseguiram conservar a água disponível no recipiente, como indicado pela maior massa total de plantas (substrato mais úmido), e demoraram mais dias para murchar, o que sugere um mecanismo de tolerância ao déficit hídrico em resposta a curto prazo, conforme evidenciado por Chaves et al. (2003).

A análise dos coeficientes de correlação de Pearson indica que algumas variáveis podem ser boas preditivas das demais (Figura 5). Destaca-se ainda que o tempo para murcha aparente foi uma variável inversamente relacionada com a maioria das variáveis biométricas, corroborando que poderia ser um critério adicional para a seleção rápida de genótipos de citros para déficit hídrico. Isso é relevante em programas de melhoramento em que centenas ou milhares de híbridos e outros genótipos são obtidos. No entanto, estudos fisiológicos relativos ao potencial hídrico, fechamento estomático e transpiração em genótipos de referência são necessários para validação desse critério (Brito et al., 2012; Cerqueira et al., 2004).

As copas mais bem colocadas no índice de Mulamba e Mock, quando é levado em consideração o índice final das combinações avaliadas, foram as laranjeiras ‘Jaffa’, Nota 10’, ‘Rhode Red’ e ‘Vidigueira’. Já as copas nas últimas posições foram a tangerineira ‘Burgess’ e a laranjeira ‘Cerrado’. Quando selecionadas variável a variável, as copas que mais coincidem na seleção através do índice são as laranjeiras ‘Pera Vidigueira’ e Jaffa’. Essas duas últimas variedades são originárias da base mediterrânea e apresentam boa produtividade e qualidade de frutos (Silva et al., 2017), sendo a ‘Pera Vidigueira’ umas das possíveis origens da ‘Pera’ brasileira (Donadio, 1999), sabidamente utilizada por sua boa adaptação em clima tropical no Brasil (Ribeiro et al., 2021). Já entre as tangerineiras, as melhores colocadas no índice de Mulamba e Mock são ‘Carvalhais 173’ e ‘Carvalhaes 178’, sendo somente a

‘Carvalhais 178’ selecionada hipoteticamente. Nesse sentido, as suas combinações no viveiro apresentaram vigor vegetativo elevado, menor tempo de murcha, mas danos relativos moderados devido à suspensão da irrigação, sugerindo que a seleção proposta seja coerente. Esses resultados são observados na ACP realizada, que permitiu separar as mesmas variedades de modo similar. E, ainda, foi possível observar a influência das variáveis de área foliar e tolerância visual ao déficit hídrico nos agrupamentos da ACP. Outros pontos interessantes foram a distinção entre algumas tangerinas das laranjeiras em geral; entre as tangerineiras, as do tipo Carvalhais se apresentaram em geral mais bem adaptadas à restrição hídrica; a laranjeira Valência IAC apresentou em geral intolerância à seca pelo IMM, mas se distanciou de outros acessos de Valência.

Visto que plantas cítricas que sofreram com déficit hídrico repetidamente alteram seus perfis de metilação de DNA, mostrando o envolvimento da epigenética que responde ao déficit hídrico (Santos et al., 2020), e que as características podem ser transmitidas através da reprodução assexuada (borbulhia) (Sousa et al., 2022), são necessários ainda estudos fisiológicos e moleculares mais profundos para comprovar qual a influência direta das copas avaliadas neste trabalho sobre o porta-enxerto em condição de déficit hídrico. Preferencialmente, esses estudos devem ser realizados em condições de campo a fim de confirmar se a seleção proposta permitiu identificar variedades copas que efetivamente induzam maior tolerância à seca na combinação, notadamente por induzir um maior sistema radicular em porta-enxertos ananicantes.

6. CONCLUSÕES

As laranjeiras ‘Jaffa’, ‘Bidewells Bar’, ‘Caprichosa’ e ‘Pera Vidigueira’ e as tangerineiras ‘Carvalhais 173’ e ‘Carvalhais 178’ mostraram maior potencial de tolerância à seca dentro de cada espécie, com base nas variáveis analisadas, no índice de seleção de Mulamba e Mock e na Análise de Componentes Principais sendo indicadas para trabalhos futuros com enfoque no desempenho desses genótipos em campo e avaliações de atributos fisiológicos específicos.

As variáveis de área foliar, comprimento de broto, massa seca de raiz e tolerância ao déficit hídrico (dias para atingir nota 1 de murcha) são boas opções para a seleção rápida de variedades com potencial para tolerância à seca quando se tem um grande número de genótipos, ao passo que o índice de conteúdo de clorofila e a temperatura do dossel das plantas não seria indicada para a seleção rápida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, RG (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO **Irrig Drain**, 56:147-151. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

Almeida, LVB, Marinho CS, Munis RA, Carvalho AJC (2012). Disponibilidade de nutrientes e crescimento de porta-enxertos de citros fertilizados com fertilizantes convencionais e de liberação lenta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 34:289-296. https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100038

Andrade, HJ e Zapata, PC (2019). Mitigation of climate change of coffee production systems in Cundinamarca, Colombia. **Floresta e Ambiente**, 26:e20180126. https://doi.org/10.1590/2179-8087.012618

Arunyanark, A, Jogloy, S, Akkasaeng, C, Vorasoot, N, Nageswara Rao, RC, Wright, GC, Patanothai, A (2009). Association between aflatoxin contamination and drought tolerance traits in peanut. **Field Crops Research**, 114:14-22. http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.018

Barkley, NA, Roose, ML, Krueger, RR, Federici, CT (2006). Assessing genetic diversity and population structure in a citrus germplasm collection utilizing simple sequence repeat markers (SSRs). **Theoretical and applied genetics**, 112:1519-1531. https://doi.org/10.1007/s00122-006-0255-9

Barrett, HC, Rhodes, AM (1976). A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives. **Systematic Botany**, 1:105-136. https://doi.org/10.2307/2418763

Barry, GH, Castle, WS, Davies, FS (2002). Rootstocks and plant water relations affect sugar accumulation of 'Valencia' sweet orange via osmotic adjustment. In: XXVI INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS: CITRUS AND OTHER SUBTROPICAL AND TROPICAL FRUIT CROPS: ISSUES, ADVANCES AND OPPORTUNITIES 632. p. 159-165. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.632.20

Barry, GH, Caruso, M, Gmitter Jr, FG (2020). Commercial scion varieties. In: Talon, M, Caruso, M, Gmitter JR, FG (Ed.) **The Genus Citrus.** Reino Unido: Woodhead Publishing. p. 83-104 https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00005-X

Bastos, DC, Ferreira, EA, Passos, OS, Sá, JF, Ataíde, EM Calgaro, M (2014). Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. Embrapa: Belo Horizonte, 35:36-45. (Informe Agropecuário, 281). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1007492>. Acesso em: 13 set. 2022.

Beattie, GAC, Holford, P (2009). On the origins of Citrus, Huanglongbing, Diaphorina citri and Trioza erytreae. In: **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**. Orlando: Florida Citrus Mutual, p. 23-56.

Bellvert, J, Zarco Tejada, PJ, Girona, J, Fereres, E (2014). Mapping crop water stress index in a 'Pinot-noir' vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle. **Precision agriculture**, 15:361-376. https://doi.org/10.1007/s11119-013-9334-5

Bernardi, ACC, Carmello, QAC, Carvalho, A (2000). Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, 57:733-738. https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000400022

Blanco, V, Willsea, N, Campbell, T, Howe, O, Kalcsits, L (2023). Combining thermal imaging and soil water content sensors to assess tree water status in pear trees. **Frontiers in Plant Science,** 14:01-12. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1197437

Blum, A (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? **Australian Journal of Agricultural Research**, 56:1159-1168. https://doi.org/10.1071/AR05069

Boava, LP (2004). **Estabilidade de QTLs ligados à resistência dos citros a gomose, causada por Phytophthora parasitica**., 67 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Unesp. Botucatu;

Bowman KD e Joubert J (2020). Citrus rootstocks. In: Talon, M, Caruso, M, Gmitter Jr, FG (Eds.) **The Genus Citrus**, Amsterdam:Elsevier, p.105–127.

Brandão, HCB, Barbosa, CJ, Soares Filho, WS, Schnadelbach, AS (2021). Porta-enxertos híbridos de citros tolerantes ao Citrus tristeza vírus (CTV). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 4:2714-2716. https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-093

Brito, MEB, Fernandes, PD, Gheyi, HR, Melo, AS, Cardoso, JAF, Soares Filho, WS (2008). Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 3:343-353.

Brito, MEB, Soares, LAA, Fernandes, PD, Lima, GS, Sá, FV, Melo, AS (2012). Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 7:857-865. https://doi.org/10.5039/agraria.v7isa1941

Camargo, AO, Moniz, AC, Jorge, JA, Valadares, JMAS (2009). Métodos de análise química e física de solos do Instituto Agronômico. Campinas: IAC, 94p. (Boletim técnico, 106).

Cantuarias-Avilés, T, Mourão Filho, FAA, Stuchi, ES, Silva, SR, Espinoza-Nuñes, E. (2011). Horticultural performance of 'Folha Murcha' sweet orange onto twelve rootstocks. **Scientia Horticulturae**, 129:259-265. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.039

Cantuarias-Avilés, T, Mourão Filho, FAA, Stuchi, ES, Silva, SR, Espinoza-Nuñes, E, Bremer Neto, H (2012). Rootstocks for high fruit yield and quality of 'Tahiti' lime under

rain-fed conditions. **Scientia Horticulturae**, 142:105-111. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.008

Caputo, MM, Mourão Filho, FSS, Silva, SR, Bremer Neto, H, Couto, HTZ, Stuchi, ES (2012). Seleção de cultivares de laranja doce de maturação precoce por índices de desempenho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47:1669-1672. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001100015

Carboneau, A (1985). The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, 36:195-198. https://doi.org/10.5344/ajev.1985.36.3.195

Carvalho, EV, Cifuentes-Arenas, JC, Raiol-Junior, L, Stuchi, ES, Girardi, EA, Lopes, SA (2021). Modeling seasonal flushing and shoot growth on different citrus scion-rootstock combinations. **Scientia Horticulturae**, 288:110358. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110358

Carvalho, LM, Carvalho, HWL, Soares Filho, WS, Martins, CR, Passos, OS (2016). Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51:132-141. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000200005

Carvalho, SAD, Girardi, EA, Mourão Filho, FAA, Ferrarezi, RS, Colleta Filho, HD (2019). Advances in citrus propagation in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 6:01-36. https://doi.org/10.1590/0100-29452019422

Castle, WS, Youtsey, CO (1977). Root system characteristics of citrus nursery trees. In: **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, p. 39-43. Disponível em: < https://journals.flvc.org/fshs/article/download/97256/93261>. Acesso em: 12 jan. 2024.

Castle, WS, Baldwin, JC, Muraro, RP (2010). Rootstocks and the performance and economic returns of ‘Hamlin’ sweet orange trees. **HortScience**, 45:875-881. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.6.875

Cerqueira, EC, Castro Neto, MT, Peixoto, CP, Soares Filho, WS, Ledo, CAS, Oliveira, JG (2004). Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 26:515-519. doi.org/10.1590/S0100-29452004000300034

Chavent M, Kuentz, V, Labenne, A, Liquet, B, Saracco, J (2017). PCAmixdata: Multivariate Analysis of Mixed Data_. R package version 3.1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=PCAmixdata>. Acesso em 08 dez. 2023.

Chaves, MM. Marocco, JP, Pereira, JS (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. **Functional plant biology**, 30:239-264. https://doi.org/10.1071/FP02076

Chengappa, PG, Devika, CM, Rudragouda, CS (2017). Climate variability and mitigation: perceptions and strategies adopted by traditional coffee growers in India. **Climate and Development**, 9:593-604. https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1318

740

Ciais, PH, Reichstein, M et al. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. **Nature**, 437:529-533. https://doi.org/10.1038/nature03972

Cifuentes-Arenas, JC, Goed, A, Miranda, MP, Beattie, GAC, Lopes, SA (2018). Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of Diaphorina citri. **PLoS One**, 13:e0190563. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190563

CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Estatísticas – Exportações. 2023. Disponível em: < https://citrusbr.com/estatisticas/exportacoes/>. Acesso em: 22 jul. 2023

CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Geração de empregos na citricultura cresce 8% em 2023. Disponível em: https://citrusbr.com/noticias/geracao-de-empregos-na-citricultura-cresce-8-em-2023/. Acesso em: 24 de jan. 2024.

Coelho Filho, MA, Bassoi, LH, Angelloci, LR, Coelho, EF, Pereira, FAC (2011). Relação solo-planta-atmosfera. Embrapa Mandioca e Fruticultura - Capítulo em livro científico (ALICE). Disponível em: < http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/915545>. Acesso em 12 mar. 2023.

Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. Dados da citricultura paulista. Disponível em: < https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/estatisticas/dados-da-citricultura-paulista,3.htmL>. Acesso em 16 jun. 2023.

Costa, DP, Ribeiro, LO, Coelho Filho, MA, Ledo, CAS, Stuchi, Es, Girardi, EA, Gesteira, AS, Soares Filho, WS (2020b). Nonparametric indices for the selection of hybrid citrus as rootstocks grafted with 'Valência' sweet orange. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55:01592. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.

Costa, DP, Stuchi, ES et al (2020a). Hybrid rootstocks for Valencia sweet orange in rainfed cultivation under tropical savannah climate. **Journal of Agricultural Science,** 12:40-55. https://doi.org/10.5539/jas.v12n11p40

Cristofani-Yaly, M (2007). Seleção de citrandarins (Tangerina Sunki vs. Poncirus trifoliata) para porta-enxertos de citros. **Citrus Research & Technology**, 28:71-79.

Cruz, CD, Regazzi, AJ, Carneiro, PCS (2012). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento. UFV, Viçosa, 514 p.

Deidda, P, Spano, D, Arca, B, Ventura, A, Duce, P (1996). Colorimetric analysis for determining leaf water status in Citrus. In: **Proceedings 8th International Citrus Congress**. p. 1065-1068.

De Matos Roda, N, Pontin, JC, Branchi, BA, Longo, RM (2023). Uso de caulim processado como técnica sustentável de mitigação dos efeitos das mudanças

climáticas na produção agrícola. **Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, 131:171-183. https://doi.org/10.18696/reunir.v13i1.1241.

De Oliveira, LB (2017). **Tolerância à seca e adaptação a solos com camadas coesas de genótipos de citros em estádios jovens de desenvolvimento.** Tese (Doutorado em Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos), UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

De Oliveira, RP, Soares Filho, WS, Machado, MA, Ferreira, EA, Scivittaro, WB, Gesteira, AS (2014). Melhoramento genético de plantas cítricas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 35:22-29. Disponível em: < https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112534/1/Informe-Agropecuario-Citros.pdf>. Acesso em 22 jul. 2023.

Dias, AB, Carvalho, MAP, Danttas, ACVL, Fonseca, VEJA (2011). Variabilidade e caracterização de frutos de pitangueiras em municípios baianos**. Revista Brasileira de Fruticultura**, 33:1169-1177. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400015

Djè, Y, Heuertz, M, Ater, M, Lefebvre, C, Vekemans, X (2007). Évaluation de la diversité morphologique des variétés traditionnelles de sorgho du Nord-ouest du Maroc. **Base**. Disponível em: < https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=393>. Acesso em 12 fev. 2024.

Donadio, L et al. Novas variedades e clones de laranja-doce para indústria. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 1:42. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Eduardo Stuchi/publication/291331811_Novas_variedades_e_clones_de_laranja_para_industria/links/56aa240908ae2df82166c830/Novas-variedades-e-clones-de-laranja-para-industria.pdf>. Acesso em 12 jan. 2024.

Donadio, L. C (1999). Laranja ‘Pêra’. Jaboticabal: Funep, 51 p. (Boletim citrícola n.11)

Donato, SLR, Pereira,CS, Barros, ZJ, Siqueira, DL, Salomão, LCC (2007). Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:1507-1510. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001000020

Fante, KP, Neto, JLS. Mudanças nos padrões de temperatura do Estado de São Paulo/Brasil nos últimos 50 anos (2017). **Revista do Departamento de Geografia** 33:12-23, 2017. https://doi.org/10.11606/rdg.v33i0.125767

FAO (2022a). **Food and Agriculture Organization of the United Nations**: Top 10 Country Production of Oranges. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity> Acesso em: 31 jan. 2024.

FAO (2022b). **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Top 10 Country Production of tangerines, mandarins, clementines, satsumas. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity> Acesso em: 31 jan. 2024.

FAO (2022c). **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Top 10 Country Production of Lemons and limes. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rank ings/countries_by_commodity> Acesso em: 31 jan. 2024.

FAO (2023a). **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Production/Yield quantities of Tangerines, mandarins, clementines in World + (Total) 1980-2021. Disponível em: < https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 14 fev. 2024.

FAO (2023b). **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Production/Yield quantities of Lemons and limes in World + (Total). 1980-2021. 2023b. Disponível em: < https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 14 fev. 2024.

Fares, A, Baiabyl, HK, Zekri, M, Mattos Jr, D, Awal, R (2017). Potential climate change impacts on citrus water requirement across major producing areas in the world. **Journal of Water and Climate Change**, 8:576-592. https://doi.org/10.2166/wcc.2017.182

Farias Neto, JT, Resende, MDV, Oliveira, MSP (2011). Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33:532-539. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000200025

Fathi, A, Tari, DB (2016). Effect of drought stress and its mechanism in plants. **International Journal of Life Sciences**, 10:1-6. https://doi.org/10.3126/ijls.v10i1.14509

Federici, CT, Fang, DQ, Scora, RW, Roose, ML (1998). Phylogenetic relationships within the genus *Citrus* (*Rutaceae*) and related genera as revealed by RFLP and RAPD analysis**. Theoretical and Applied Genetics**, 96:812-822. https://doi.org/10.1007/s001220050807

Ferreira, DF (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:1039-1042.

Figueiredo Filho, DB; Silva Júnior, JÁ (2009). Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, 18:115-146.

Fleta-Soriano, E, Munné-Bosch, S (2016). Stress memory and the inevitable effects of drought: a physiological perspective. **Frontiers in Plant Science**, 7:143. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00143

Fochesato, ML, Souza, PVD, Schafer, G, Maciel, HS (2007). Crescimento vegetativo de porta-enxertos de citros produzidos em substratos comerciais. **Ciência Rural**, 37:970-975. https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000400008

Fritsche-Neto, R e Borém, A (2011). Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: UFV, 250p.

Fundecitrus (2019): Fundo de Defesa da Citricultura. **Reestimativa da safra de laranja 2018/19 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro – fechamento em abril/2019**. Araraquara, SP: Fundecitrus, 2p. Disponível em: < https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0419_Reestimativa_da_Safra_de_ Laranja.pdf>. Acesso em: 29 abr 2024.

Fundecitrus (2021a): Fundo de Defesa da Citricultura. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja 2021/2022 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro: cenário em maio/2021**. Araraquara, SP: Fundecitrus, 31 p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa> Acesso em: 16 mai. 2023.

Fundecitrus (2021b): Fundo de Defesa da Citricultura. **Reestimativa da safra de laranja 2020/21 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro – Fechamento em abril/2021**. Araraquara, SP: Fundecitrus, 4p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0421_Fechamento_da_Safra_de _Laranja.pdf >. Acesso em: 29 abr 2024.

Fundecitrus (2022): Fundo de Defesa da Citricultura. **Reestimativa da safra de laranja 2021/22 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro – fechamento em abril/2022.** Araraquara, SP: Fundecitrus, 5 p. Disponível em: < https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0422__Fechamento_da_Safra_de _Laranja.pdf >. Acesso em: 29 abr 2024.

Fundecitrus (2023): Fundo de Defesa da Citricultura. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja 2022/2023 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro: cenário em julho/2023**. Araraquara, SP: Fundecitrus, 148 p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa> Acesso em: 16 mai. 2024.

Fundecitrus (2024a): Fundo de Defesa da Citricultura. **Fechamento da safra de laranja (Reestimativa da Safra de Laranja 2023/24 do Cinturão Citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro – Cenário em abril/2024**. Araraquara, SP: Fundecitrus, 5p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa> Acesso em: 29 abr 2024.

Fundecitrus (2024b): Fundo de Defesa da Citricultura. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja 2024/2025 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro: cenário em abril/2024**. Araraquara, SP: Fundecitrus, 41p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa> Acesso em: 10 maio 2024.

Galili, T (2015). dendextend: an R package for visualizing, adjusting and comparing trees of hierarchical clustering. Bioinformatics, 31:3718-3720. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btv428

García-Lor, A, Luro, F, Navarro, L, Ollitraut, P (2012). Comparative use of InDel and SSR markers in deciphering the interspecific structure of cultivated citrus genetic

diversity: a perspective for genetic association studies. **Molecular genetics and genomics**, 287:77-94. https://doi.org/10.1007/s00438-011-0658-4

García-Sánchez, F, Syvertsen, JP, Gimeno, V, Botía, P, Perez-Perez, JG (2007). Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water-use efficiency. **Physiologia Plantarum**, 130:532-542. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00925.x

García-Tejero, IF, Rubio, AE, Viñuela, I, Hernandez, A, Gutierrez, SD, Rodriguez, CRP, Durán-Zuazo, VH (2018). Thermal imaging at plant level to assess the crop-water status in almond trees (cv. Guara) under deficit irrigation strategies. **Agricultural water management**, 208:176-186. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.002

Girardi, EA (2008). **Fisiologia da produção de mudas cítricas sob deficiência hídrica**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-18112008-104441/. Acesso em: 20 fev. 2024.

Girardi, EA, Cerqueira, TS, Cantuarias-Avilés, TE, Silva, SR, Stuchi, ES (2017). Sunki mandarin and Swingle citrumelo as rootstocks for rain-fed cultivation of late-season sweet orange selections in northern São Paulo state, Brazil. **Bragantia**, 76:501-511, 2017. https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016.350

Girardi, EA, Brandão, AD, Coelho, RD, Couto, HTZ, Buckeridge, MS, Mourão Filho, FSS (2018). Regulated deficit irrigation benefits the production of container-grown citrus nursery trees. **Trees**, 32:1751-1766. https://doi.org/10.1007/s00468-018-1748-2

Girardi, EA et al (2021). Guia de Reconhecimento dos Citros em Campo: Um Guia Prático Para o Reconhecimento em Campo de Variedades de Laranjeira-Doce e Outras Espécies de Citros Cultivadas No Estado de São Paulo e Triângulo Mineiro. Araraquara: Fundecitrus, 158p.

Gois, IB (2016). **Seleção genômica (GWS) e fenômica no melhoramento de Citrus**. 55f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Gonçalves, LP, Alves, TFO et al. (2016). Rootstock-induced physiological and biochemical mechanisms of drought tolerance in sweet orange. **Acta Physiologiae Plant**, 38:174. https://doi.org/10.1007/s11738-016-2198-3

González-Dugo, V, Zarco-Tejada, PJ, Nicolás, E, Nortes, PA, Alarcón, JJ, Intrigliolo, DS, Fereres, E (2013). Using high-resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard. **Precision Agriculture**, 14:660–678. https://doi.org/10.1007/s11119-013-9322-9

Gonzalez-Dugo, V, Zarco-Tejada, PJ, Fereres, E (2014). Applicability and limitations of using the crop water stress index as an indicator of water deficits in citrus orchards. **Agricultural and forest meteorology**, 198:94-104. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.08.003

Gurgel, FL, Mariguele, KH, Yokomizo, GKI, Andrade Neto, RC, Girardi, EA, Passos, OS, Soares Fila, WS (2024). Early rootstock selection under 'tahiti' acid lime crown in Capitão Poço, Pará State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy.** 46:e63302. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.63302

Hartmann, HT, Kester, De, Davies JR, FT, Geneve, RL (2002). Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall, 7:880.

Hair, JF, Black, WC, Babin, BJ, e Anderson, RE (2006). Multivariate Data Analysis 400. New Jersy: Pearson Prentice Hall.

Hoekstra, FA.; Golovina, EA.; Buitink, J (2001). Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in plant science**, 6:431-438. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(01)02052-0

Hongyu, K, Sandanielo, VLM, De Oliveira Junior, GJ (2016). Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and science**, 5:83-90. https://doi.org/10.18607/ES201653398

Hotelling, H (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **The Journal Educational Psychology**, Cambridge, 24:498-520. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0071325

Hotelling, H (1936). Simplifield calculation of principal components. **Psychometrika**, Williamsburg, 1:27-35. Disponível em: <http://cda.psych.uiuc.edu/psychometrika_highly_cited_articles/hotelling_1936.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2024.

Huang, W, Bont, Z, Hervé, MR, Robert, CAM, Erb, M (2020). Impact of seasonal and temperature-dependent variation in root defense metabolites on herbivore preference in Taraxacum officinale. **Journal of chemical ecology**, 46:63-75. https://doi.org/10.1007/s10886-019-01126-9

IBGE (2023): Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2023**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457.

Inglese, P, Sortino, G (2019). Citrus history, taxonomy, breeding, and fruit quality. **Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science**. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.221

IPCC (2021): **Climate Change 2021: The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2021

Ishfaq, M, Hafiz, Ia, Hussain, A, Chaudhary, Ga (1999). Growth yield and fruit quality of sweet orange variety under rainfed condition of Chakwal. **International Journal of Agriculture & Biology**, 1:100-102.

Jifon, JL, Syvertsen, James P, Whaley, E (2005). Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in Citrus sp. leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, 130:152-158.

Jödicke, K, Arendt, S, Hofacker, W, Speckle, W (2019). The influence of process parameters on the quality of dried agricultural products determined using the cumulated thermal load. **Drying technology**, 38:321-332. https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1568254

Kassambara, A (2020). Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>. Acesso em 08 dez. 2023

Konrad, MLF, Silva, JAB, Furlani, PR, Machado, EC (2005). Trocas gasosas e fluorescência da clorofla em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, 64:339-347. https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000300004.

Kramer, PJ, Boyer, JS (1995). Water relations of plants and soils. Academic press. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=H6aHAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=KRAMER,+P.+J.%3B+BOYER,+J.+S.+Water+relations+of+plants+and+Soils.+San+Diego:+Academic+Press,+1995.+495+p.&ots=BZFfa2X39F&sig=3WnD2UaVPWGGV16Xj3redrB5rqE#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 15 de abril de 2024.

Kriedemann, PE, Barrs, HD (1981). Citrus orchards. in: Kozlowski, T.T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 7:325-417

Kubota, TMK, Magalhães, AB et al. (2017). Laser-induced fluorescence spectroscopy (LIFS) for discrimination of genetically close sweet orange accessions (*Citrus sinensis L*. Osbeck). **Applied Spectroscopy**, v. 71, n. 2, p. 203-214. https://doi.org/10.1177/0003702816658668

Le S, Josse J, Husson, F (2008). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, 25:1-18. Disponível em: < https://www.jstatsoft.org/article/view/v025i01>. Acesso em: 08 dez. 2023.

LI-COR Incorporated (2004). LI-3100C Area meter instruction manual. Lincoln, NE.

Machado, EC, Schmidt, PT, Medina, CL, Ribeiro, RV (2005). Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. Pesquisa agropecuária brasileira, 40:1161-1170. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200002

Machado, MA, Cristofani, M, Amaral, AMD (2005). Genética, melhoramento e biotecnologia de citros. In: Mattos Junior, D. de et al. (Ed.). **Citros.** Campinas: IAC: FUNDAG. p. 221-277

Maechler, M (2023). Cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.1.6.

Marchioro, VS, Cervalho, FIF et al. (2005). Métodos de semeadura na condução de populações segregantes de aveia e suas interações com o ambiente de seleção. **Ciência Rural**, 35:290-294. https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000200007

Martins, FB, Streck, NA, Silva, JC, Morais WW, Susin. F, Navroski, MC, Vivian, MA (2008). Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1297-1306. https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300037

Medina, CL, Machado, ED, Pinto, JM (1998). Fotossíntese de laranjeira 'Valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, 57:1-14. https://doi.org/10.1590/S0006-87051998000100001

Medina, CL, Machado, Ed, Gomes, MMA (1999). Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira 'Valência' sob deficiência hídrica**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 11:29-34.

Mendes, HSJ (2015). **Fenotipagem para estudos de estudos de tolerância à deficiência hídrica em eucalipto**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) Unesp, Jaboticabal.

Mertens, S, Verbraeken, L et al. (2023). Monitoring of drought stress and transpiration rate using proximal thermal and hyperspectral imaging in an indoor automated plant phenotyping platform. **Plant methods** 19:132. https://doi.org/10.1186/s13007-023-01102-1

Mingoti, AS (2005). Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma Abordagem Aplicada; Editora UFMG: Belo Horizonte, MG, Brasil, 297 p.

Ministério do Trabalho. **Caged - Cadastro Geral de Empregados e Desempregados**. Disponível em: http://pdet.mte.gov.br/novo-caged. Acesso em 03 de março de 2024.

Miranda, MT, Silva, SF, Silveira, NM, Pereira, L, Machado, EC, Ribeiro, RV (2021). Root osmotic adjustment and stomatal control of leaf gas exchange are dependent on citrus rootstocks under water deficit. **Journal of Plant Growth Regulation**, 40:11-19. https://doi.org/10.1007/s00344-020-10069-5

Mourão Filho, FAA, Salvo, JG et al (2007). Desenvolvimento do limão 'cravo' em função do volume de irrigação. **Irriga**, 12:471–480. https://doi.org/10.15809/irriga.2007v12n4p471-480

Mulamba, NN, Mock, JJ (1978). Improvement of yield potential of the ETO blanco maize (Zea mays L.) population by breeding for plant traits [Mexico]. **Egyptian Journal of genetics and Cytology**.

Müller, GW, Targon, M, Carvalho, SA, Souza, AA (2005). Doenças de citros causadas por vírus e viróides. **Citros**, p. 569-604.

Neves, DM, Almeida, LAH et al. (2017). Recurrent water deficit causes epigenetic and hormonal changes in citrus plants. **Scientific reports**, 7:1-11. https://doi.org/10.1038/s41598-017-14161-x

Neves, LG, Bruckner, CH, Cruz, CD, Viana, AP, Barelli MAA (2011). Predição de ganhos, com diferentes índices de seleção, para características de frutos do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33:1322-1330. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400033

Nguyen, HT, Babu, RC, Blum, A (1997). Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular genetics considerations. **Crop Science**, 37:1426-1434, 1997. https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700050002x

Nicolosi, E, Deng, ZN, Gentile, A, Malfa, SL, Continella, G, Tribulato, E (2000). Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. **Theoretical and Applied Genetics**, 100:1155-1166. https://doi.org/10.1007/s001220051419

Nogueira, RJMC, Moraes, JAPV, Burity, A (2001). Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13:75-87. https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000100009

Oliveira, P, Soares Filho, WS, Passos, OS, Scivittaro, WB, Rocha, PSG (2008a). Porta-enxertos para citros. **Documentos, 226**. Embrapa Clima Temperado. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/744475/1/documento226.pdf> Acesso em: 29 jan. 2024.

Oliveira, RP, Scivittaro, WS, Rocha, PSG (2008b). Cultivares de laranjeira resistentes ao cancro cítrico. **Documentos, 249**. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/746885/1/documento249.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

Oliveira, RP, Scivittaro, WS (2011a). Cultivares-copa. In: Oliveira, RP de; Scivittaro, WB (Ed.). **Cultivo de citros sem sementes**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p.65-108. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 21). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/932396/1/15767.pdf Acesso em: 29 abr 2024.

Oliveira, RP de et al (2011b). Porta-enxertos. In: Oliveira, RP de; Scivittaro, WB (Ed.). **Cultivo de citros sem sementes**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 51-63. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 21). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/932396/1/15767.pdf. Acesso em: 29 abr 2024.

Ollitrault, P, Terol, J et al. (2012). SNP mining in C. clementina BAC end sequences; transferability in the Citrus genus (Rutaceae), phylogenetic inferences and perspectives for genetic mapping. **BMC genomics**, 13:1-19.

Osorio, J, Osorio, ML, Chaves, MM, Pereira, JS (1998). Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in Eucalyptus globulus. **Tree physiology**, 18:363-373. https://doi.org/10.1093/treephys/18.6.363

Paradis E, Schliep K (2019). “ape 5.0”: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. **Bioinformatics**, 35:526-528. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty633>. Acesso em: 08 dez. 2023

Paula, RC, Paula, NF, Marino, CL (2012). Breeding Perennial Species for Abiotic Stress. In: Fritsche-Neto, R.; Borém, A. **Plant Breeding for Abiotic Stress Tolerance**. Springer, p. 157-72.

Pearson, K (1892). The grammar of science. London. Dent.

Pearson, K (1901). LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. The London, Edinburgh, and Dublin philosophical magazine and journal of science, 2:559-572. https://doi.org/10.1080/14786440109462720

Piedra-Bonilla, Cunha, DA, Braga, MJ (2020). Climate variability and crop diversification in Brazil: An ordered probit analysis. **Journal of Cleaner Production**, 256:120252. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120252

Pimentel, UV, Martins, ABG,Barbosa, JC, Cavallari, LL (2014). Nutrição do porta-enxerto ‘Flying Dragon'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36:495-502. https://doi.org/10.1590/0100-2945-193/13

Pio, RM, Figueiredo, JO, Stuchi, ES, Cardoso, SAB (2005). Variedades Copas. In: Mattos Junior, D.; Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Junior, J. (Eds). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, p.429-447.

Pompeu Júnior, J (1991). Porta-enxertos para citros. In: Rodríguez, O. Viégas, F.C.P.; Pompeu Júnior, J.; Amaro, A.A. **Citricultura brasileira**. 2. Campinas: Fundação Cargill, p.265-280

Pompeu Junior, J (2005). Porta-enxertos. In: Mattos Junior, D.; Pio, RM.; Negri, JD.; Pompeu Junior, J. (Eds.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, Fundag, 61-104.

R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

Ramos, YC, Mourão Filho, FAA, Stuchi, ES, Sentelhas, PC, Fadel, AL (2016). Sensibilidade de laranjeiras-doces ao déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51:86-89. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000100011

Rasera, JB, Silva, RF et al. (2023a). Do Gridded Weather Datasets Provide High-Quality Data for Agroclimatic Research in Citrus Production in Brazil?. **Agri Engineering**, 5:924-940 https://doi.org/10.3390/agriengineering5020057

Rasera, JB, Silva, RF et al. (2023b). Climate Change and Citriculture: A Bibliometric Analysis. **Agronomy,** 13:723. https://doi.org/10.3390/agronomy13030723

Resende MDV et al (2014). Genome-wide selection. In: Borem A, Fritsche-Neto R. **Biotechnology and Plant Breeding**, (Eds.) Elsevier. 2014

Reuther, W, Batchelor, LD, Webber, HJ (1967). The Citrus Industry: history, world distribution, botany, and varieties. University of California, 1:431 -586.

Ribeiro, LO, Costa, DP, Ledo, CAS, Carvalho, LM, Carvalho, HWL, Soares Filho, WS, Girardi EA (2021). 'Tropical Sunki' mandarin and hybrid citrus rootstocks under 'Pera' sweet orange in cohesive soil and as climate without irrigation. **Bragantia**, 80:1321. htps://doi.org/10.1590/1678-4499.20200407

Rodrigues, JDB, Moreira, AS, Stuchi, ES, Bassanezi, RB, Larabjeira, FF, Girardi, EA (2020). Huanglongbing incidence, canopy volume, and sprouting dynamics of 'Valencia' sweet orange grafted onto 16 rootstocks. Trop. plant pathol. 45:611–619. https://doi.org/10.1007/s40858-020-00385-2

Rodrigues, MJS, Ledo, CAS, Girardi, EA, Almeira, LAH, Soares Filho, WS (2015). Caracterização de frutos e propagação de porta-enxertos híbridos de citros em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37:457-470. https://doi.org/10.1590/0100-2945-068/14

Rodrigues, MJS, Oliveira, ERM, Girardi, EA, Ledo, CAS, Soares Filho, WS (2016). Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 38:187-201. https://doi.org/10.1590/0100-2945-284/14

Rodríguez-Gamir, J, Ancillo, G, Aparicio, F, Bordas, M, Primo-Millo, E, Forner-Giner, MA (2011). Water-deficit tolerance in citrus is mediated by the down regulation of PIP gene expression in the roots. **Plant and soil**, 347:91-104. https://doi.org/10.1007/s11104-011-0826-7

Romero, P, Navarro, JM, Pérez-Pérez, J, García-Sanchez, F, Gómez-Gómez, A, Martinez, V, Botía, P (2006). Deficit irrigation and rootstock: their effects on water relations, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of Clemenules mandarin. **Tree physiology**, 26:1537-1548. https://doi.org/10.1093/treephys/26.12.1537

Roncatto, G, Romano, MR, Olibone, D, Girardi, EA, Soares Filho, WS (2021). Desempenho vegetativo de novos porta-enxertos de citros sob limeira ácida 'TAHITI' no bioma cerrado de MT. **Embrapa Documentos**. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1138886>. Acesso em: 07 jun. 2023.

Rosa, SDVF, Pinho, EVRV, Vieira, ESN, Veiga, RB, Veiga, AD (2005). Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas lea associadas à tolerância de sementes milho à alta temperatura de secagem. Revista Brasileira de Sementes, 27:91-101. https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000200014

Santana-Vieira, DDS, Freschi, L et al. (2016) Survival strategies of citrus rootstocks subjected to drought. **Scientific Reports**, 6:1-12. https://doi.org/10.1038/srep38775

Santos, MG, Ribeiro, RV, Oliveira, RF, Machado, EC, Pimentel, C (2006). The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. Plant Science, 170:659-664. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.10.020

Santos, AS, Neves, DM et al (2020). Citrus scion and rootstock combinations show changes in DNA methylation profiles and ABA insensitivity under recurrent drought conditions. **Scientia Horticulturae**, 267:109313. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109313

Santos, IC, Neves, DM et al. (2019). Physiological, biochemical and molecular responses to drought conditions in field-grown grafted and ungrafted citrus plants. **Environmental and Experimental Botany**, 162:406-420. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.03.018

Santos, R, Carvalho, LM (2021). Doses de adubação nitrogenada e teor de prolina em laranjeiras Pera. In: **Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, 10., 2020-2021**, Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2021. 112 p. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1138524Acesso em: 20 de julho de 2024.

Saunt, J (1990). Citrus varieties of the world: an illustrated guide. Norwick: Sinclair International, 128 p.

Schinor, EH, Paoli, LG, Azevedo, FA, Mourão Filho, FAA, Mendes, BMJ (2006). Citrus sp. organogenesis in vitro from different epicotyl's regions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28:463-466. https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000300027

Schloerke B, Cook, D et al. (2023). GGally: Extension to 'ggplot2'_. R package version 2.2.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=GGally>. Acesso em: 08 dez. 2023.

Scora, RW (1975). On the history and origin of Citrus. Bulletin of the Torrey Botanical Club, p. 369-375. https://doi.org/10.2307/2484763

Scora, RW (1988). Biochemistry, taxonomy and evolution of modern cultivated citrus. In: **Proceedings of the sixth International Citrus Congress**. Balaban Publishers, p. 277-289.

Silva, SR, Munis, FR, Cantuarias-Avilés, TE, Girardi, EA, Stuchi, ES (2017). Laranjeiras mediterrâneas de meia-estação em condições de sequeiro em clima subtropical no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, 40:597-607. https://doi.org/10.19084/RCA16076

Silva, LN, Vitória, MF, Moreira, AS, Girardi, Es, Stuchi, ES (2023). Performance of rainfed Persian lime cv. BRS EECB IAC Ponta Firme on 26 rootstocks under Aw climate. **Bragantia**, 82:e20230065. https://doi.org/10.1590/1678-4499.20230065

Silva, VA, Santos, JO et al (2019). Caracterização fisiológica de genótipos de café arabica quanto à tolerancia à seca em Minas Gerais. In: **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Vitória: CPC, 5p.

Silva, MR (1998). **Caracterização morfologica, fisiologica e nutricional de mudas de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden submetidas a diferentes niveis de estresse hidrico durante a fase de rustificação**. 105f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) - Universidade do Federal do Paraná, Curitiba.

Singh, K, Afria, BS (1988). Seed Technological Approach for Evaluation of Drought Tolerance in Wheat Germplasm. **Proc. Nation Semin**. Seed Sci Tech, HAU, Hissar, p. 72-178.

Soares, LAA, Brito, MEB, Fernandes, PD, Lima, GS, Soares Filho, WS, Oliveira, ES (2015). Crescimento de combinações copa-porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19:211-217. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p211-217

Soost, RK. Roose, ML (1996). Citrus. In: Janick, J.Moore, JN. (Eds**.). Fruit breeding: tree and tropical fruits**. New York: J. Wiley, 1:257-323.

Sousa, ARO, Ribas, RF et al (2022). Drought tolerance memory transmission by citrus buds. **Plant Science**, 320:111292. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111292

Sousa, ARO, Coelho Filho, MA et al (2024). Water competition in the soil by rootstocks is used to assess drought tolerance in citrus. **South African Journal of Botany**, 164:23-30. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.036

Sousa, A (2019). Coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de Spearman: o que medem e em que situações devem ser utilizados? **Correio dos Açores**, p. 19-19. Disponível em: < http://hdl.handle.net/10400.3/5365>. Acesso em 12 jan. 2024.

Souza, CR, Soares, AM, Regina, MA (2021). Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36:1221-1230.

Spiegel-Roy, P, Goldschmidt, EE (2008). Biology of citrus. 2.ed. Cambridge: Cambridge University, 244p.

Stuchi, ES, Donadio, LC e Sempionato, OR (2000). Avaliação de laranjeira ‘Folha Murcha’ sobre dez porta-enxertos em Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 22:446-453.

Stuchi, ES, Donadio, LC, Sempionato, OR (2003). Performance of Tahiti lime on Poncirus trifoliata var. monstrosa Flying Dragon in four densities. **Fruits**, 58:13-17. https://doi.org/10.1051/fruits:2002032

Stuchi, ES, Girardi, EA, Sempionato, OR, Reiff, ET, Silva, SR, Parolin, LG (2012). Trifoliata 'Flying Dragon': Porta-enxerto para plantios adensados e irrigados de laranjeiras doces de alta produtividade e sustentabilidade. Brasilia: Embrapa 7p. (Comunicado Técnico, 152). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2657.9684.

Stuchi, ES (2017). Controle do tamanho de plantas cítricas. Citrus Research & Technology, 33:91-112.

Stuchi, ES, Silva, SR, Sempionato, OR, Reiff, ET, Parolin, LG, Perecin, D (2020). Viroids and rootstocks on field performance of Tahiti acid lime. **Citrus Research and Technology**, 41:e1063. http://dx.doi.org/10.4322/crt.20420

Suassuna, JF, Fernandes, PD et al (2014). Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, 19:464-477. https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n3p464

Swingle, WT (1943). The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily. In: Webber, HJ; BAtchellor, L (Eds.). **The citrus industry**. Berkley: University of California, 1:129-474.

Swingle, WT, Reece, PC (1967). History, world distribution, botany, and varieties. In: Reuther, W; Webber, HJ; Batchellor, LD (Eds.), **The Citrus Industry**. University of California Press, Berkeley, p. 190–430.

Taiz, L, Zeiger E (2017). Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 731-761.

Tal, G (2015). Dendextend: an R package for visualizing, adjusting, and comparing trees of hierarchical clustering. **Bioinformatics**. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btv428

Tanaka, T (1961). Citologia: semi-centennial commemoration papers on Citrus studies. Osaka: Citologia Supporting Foundation.

Teodoro, AV, Carvalho, AWL, Barros, I, Carvalho, LM, Girardi, EA, Soares Filho, WS (2022). Superior sweet oranges for varietal diversification of tropical rainfed orchards. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4001366

Testi, L, Goldhammer, DS, Iniesta, F, Salinas, M (2008). Crop water stress index is a sensitive water stress indicator in pistachio trees. Irrigation Science, New York, 26:395-405. https://doi.org/10.1007/s00271-008-0104-5

UCR (2024). University of California Riverside. Givaudan Citrus Variety Collection at UCR. Disponível em: https://citrusvariety.ucr.edu/citrus-varieties/alphabetical-order. Acesso em 01 mai. 2024.

USDA (2023): United States Department of Agriculture. Citrus: World Markets and

Trade. Disponível em: < https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>. Acesso em: 24 jul, 2023.

Van Kooten, O, Snel, JFH (1990). The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. Photosynthesis research, 25:147-150.

Vieira, GHS, Ferrarezi, RS (2021). Use of thermal imaging to assess water status in citrus plants in greenhouses. **Horticulturae**, 7:249. https://doi.org/10.3390/horticulturae7080249

Vincent, C, Morillon, R, Arbona, V, Gómez-Cadenas, A (2020). Citrus in changing environments. In: Talon, M.; Caruso, M.; Gmitter Junior, FG (Ed.) **The Genus Citrus.** Reino Unido: Woodhead Publishing. p. 271-289.https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00001-2

Wei T, Simko V (2021). R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.92). Disponível em: <https://github.com/taiyun/corrplot>. Acesso em: 08 dez. 2023.

Wickham H, Bryan J (2023). readxl: Read Excel Files_. R package version 1.4.3. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>. Acesso em: 08 dez. 2023

Wickham, H, Chang, W, Wickham, MH (2016). Package 'ggplot2'. Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. Version, 2:1-189. Disponível em: < https://github.com/hadley/ggplot2>. Acesso em: 08 dez. 2023.

Wickham H, Hester J, Chang W, Bryan J (2022). devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier. R package version 2.4.5 Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=devtools>. Acesso em: 08 dez. 2023.

Wilcoxon, F (1992). Individual comparisons by ranking methods. In: KOTZ, S; JOHNSON, N L (eds.) **Breakthroughs in Statistics: Methodology and Distribution**. New York, NY: Springer New York. p. 196-202. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4380-9_16

Wu, G, Terol, J, Ibanez, V (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. **Nature** 554:311–316. https://doi.org/10.1038/nature25447

Zaher-Ara, T, Boroomand, N, Sadat-Hosseini, M (2016). Physiological and morphological response to drought stress in seedlings of ten citrus. **Trees**, 30:985-993. https://doi.org/10.1007/s00468-016-1372-y

Zhang, WC (1982). Thirty years achievements in citrus varietal improvement in China. In: **Proceedings of the International Society of Citriculture. International Citrus Congress**. Disponível em: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19841629589. Acesso em: 17 jun. 2023.

Zulian, A, Dörr, AC, Almeida, SC (2013). Citriculture and cooperative agribusiness in brazil. **Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**, 11:2291–2306. https://doi.org/10.5902/223611708700

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 13. Notas de vigor e frutificação de 22 variedades de copa de citros enxertadas em trifoliata 'Flying Dragon', com 13 anos de idade. Bebedouro, SP, 2023.

Variedade copa	Nota de vigor*	Frutificação*
Pera Vidigueira (Sr. Antunes)	3	2
Jaffa	3	3
Belladona	1	-
Valencia Late Burjasot IVIA-35-2	2	1
Seleta Tardia	2	2
Berna Peret IVIA 336	2	2
Valência Campbell	2	1
Tua - 333	3	1
CCC – 029 – Caprichosa	2	3
CCC – 413 – Valencia Bertoni	3	2
CCC – 423 – Rhode Red nuc.	3	1
CCC – 584 – Crescent	3	1
CCC – 602 – Comum Resistente ao frio	3	1
Finike (M7)	2	2
Bidewells Bar (M9)	2	3
Nota 10 (P6 Fermino)	2	1
Carvalhais 170	3	2
Carvalhais Vidigueira 173	-	-
Carvalhaes 178	2	2
Burgess SRA 412	2	3
Wallent SRA 438	2	1
Ponkan Yoshida SRA 585	-	-

*Nota de vigor vegetativo visual e de frutificação, onde: 1: baixo; 2: médio; e 3: alto.

APENDICE B

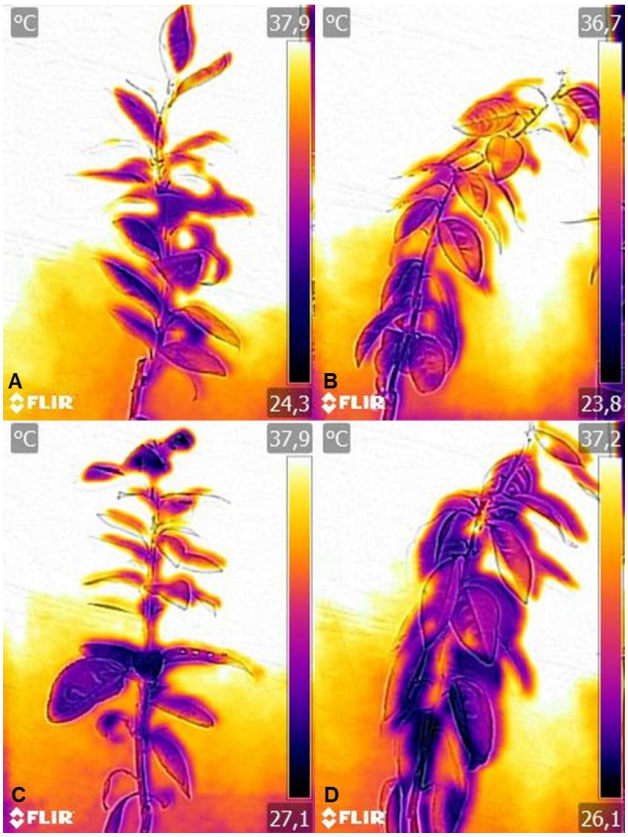

Figura 10. Imagens térmicas da copa de laranjeira ‘Jaffa’ enxertada em dois porta-enxertos contrastantes para vigor vegetativo e submetida ao déficit hídrico em condições controladas em casa de vegetação. Bebedouro-SP, 2023. A) Laranjeira ‘Jaffa’ enxertada em trifoliata ‘Flying Dragon’, irrigada; B) Laranjeira ‘Jaffa’ enxertada em trifoliata ‘Flying Dragon’, em déficit hídrico; C) Laranjeira ‘Jaffa’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, irrigada; D) Laranjeira ‘Jaffa’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, em déficit hídrico.

APENDICE C

Figura 11. Plantas de laranjeira-doce enxertadas em trifoliata Flying Dragon com diferentes estágios de sensibilidade ao déficit hídrico.

Fonte: Eduardo Augusto Girardi (2017)