

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CULTIVARES DE COPAS E PORTA-ENXERTOS NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO E NA ECOFISIOLOGIA DE LARANJEIRAS, NA REGIÃO
CENTRAL DO BRASIL**

HYAN PHELIPE RAMIREZ CANALES

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

DEZEMBRO/2025



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CULTIVARES DE COPAS E PORTA-ENXERTOS NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO E NA ECOFISIOLOGIA DE LARANJEIRAS, NA REGIÃO
CENTRAL DO BRASIL**

HYAN PHELIPE RAMIREZ CANALES

ORIENTADOR: MÁRCIO DE CARVALHO PIRES

COORIENTADOR: OSVALDO KIYOSHI YAMANISHI

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: ---/2025

BRASÍLIA/DF

DEZEMBRO/2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CULTIVARES DE COPAS E PORTA-ENXERTOS NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO E NA ECOFISIOLOGIA DE LARANJEIRAS, NA REGIÃO
CENTRAL DO BRASIL

HYAN PHELIPE RAMIREZ CANALES

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E
MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB, COMO
PARTE DOS REQUISISTOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE
DOUTOR EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

Eng. Agrônomo Márcio de Carvalho Pires, Doutor (Universidade de Brasília – FAV)
(Orientador) CPF: 844.256.601-53. E-mail: mcpires@unb.br

Eng. Agrônomo Ricardo Carmona, Doutor (Universidade de Brasília – FAV)
(Examinador Interno) CPF: 183.492.181-34 E-mail: rcarmona@unb.br

Eng. Daiane da Silva Nóbrega, Doutora (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil –
CNA)
(Examinadora Externa) CPF: 017.365.761-35. E-mail: daiane_nobrega@hotmail.com

Eng. Gabriel Soares Miranda, Doutor
(Examinador Externo) CPF: 017.052.891-00 E-mail: gabriel.agronomo@outlook.com

BRASÍLIA/DF, 22 DE DEZEMBRO DE 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

CANALES, H. P. R.

Cultivares de copas e porta-enxertos no desempenho agrônômico e na Ecofisiologia de laranjeiras, na região central do Brasil.

Orientação: Márcio de Carvalho Pires, 2025.

88f.:il.

Tese de Doutorado (Dr.) – Universidade de Brasília – UnB/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2025.

1. Produtividade. 2. Fisiologia. 3. Citrus. 4. Crescimento Vegetativo. 5. Fotossíntese.

I. Pires, M. C. Dr. Título do Orientador.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CANALES, H. P. R. **Cultivares de copas e porta-enxertos no desempenho agrônômico e na Ecofisiologia de laranjeiras, na região central do Brasil.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília – UnB, 2025. – 72p. Tese (Doutorado em Agronomia).

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Hyan Phelipe Ramirez Canales

Título da Dissertação de Mestrado: CULTIVARES DE COPAS E PORTA-ENXERTOS NO DESEMPENHO AGRÔNÔMICO E NA ECOFISIOLOGIA DE LARANJEIRAS, NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. **Grau:** Doutor **Ano:** 2025

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Dedicatória

Dedico este trabalho:

À Deus, por me dar sabedoria e muita força de vontade para conseguir passar pelos momentos difíceis e chegar até este momento.

Aos meus pais, pela minha criação e amor incondicional em todas as fases da minha vida.

A minha família que sempre acreditou nos meus sonhos.

À minha esposa, que foi o meu pilar e me ajudou a passar por tantos momentos conturbados.

E ao meu avô que foi a minha inspiração para trilhar este caminho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por toda sabedoria, saúde, pelas pessoas maravilhosas, que me deu a oportunidade de conhecer e com as quais conviver, e pelas oportunidades de crescimento como pessoa.

Ao meu pai, Victor Ramirez Perez, por ser meu exemplo de vida, pelos seus conselhos, confiança, e apoio no principais momentos da minha vida. À minha mãe, Rossana Célia de Oliveira Canales por sempre estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida, acreditar no meu potencial, me mostrar garra de que tudo é possível.

Ao meu avô, Edil, por te meu espelho de profissionalismo e minha inspiração de cursar agronomia e seguir a carreira a acadêmica. E meu irmão, Hugo, por estar comigo em diversos momentos me dando apoio e sempre me incentivando.

Ao meu orientador, Dr. Márcio de Carvalho Pires, pelos ensinamentos, amizade e brincadeiras, pelos conselhos e principalmente pela sua enorme contribuição neste projeto.

Ao meu coorientador, Dr. Osvaldo Kiyoshi Yamanishi idealizador deste projeto, pela oportunidade de trabalhar nele, e suas orientações e suporte para realização deste trabalho.

À minha esposa, Marina Crema, por ser minha parceira para todos os momentos, pelo suporte durante todo o doutorado, pela compreensão, carinho e segurança que tudo daria certo.

Ao Dr. Toshio Ogata, pela oportunidade de continuar sua pesquisa, me auxiliar com instalações, seus ensinamentos de como conduzir experimentos e ser um excelente pesquisador. Ao Dr. Marcus presidente da Emater Experimental de Anápolis por permitir que eu continuasse a pesquisa e me ajudar na condução do experimento. Bem como cada funcionário que ajudou na formação e conclusão deste projeto.

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e à Universidade de Brasília, pelo ensino de excelência que vou levar para o resto da vida.

CULTIVARES DE COPAS E PORTA-ENXERTOS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E NA ECOFISIOLOGIA DE LARANJEIRAS, NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

RESUMO GERAL

O Brasil, maior produtor mundial de laranja e líder absoluto na produção e exportação de suco cítrico, depende de maneira expressiva da eficiência produtiva e da sustentabilidade de seus pomares. A escolha adequada do porta-enxerto assume papel central na citricultura moderna, uma vez que influencia diretamente o vigor vegetativo, o estado nutricional, a fisiologia, a produtividade e a longevidade das plantas. Neste contexto, esta tese teve como objetivo avaliar, de forma integrada, os efeitos de diferentes combinações de cultivares de laranjeira (*Citrus sinensis*) e porta-enxertos sobre atributos nutricionais, fisiológicos e agronômicos na região de Anápolis, GO, localizada no centro do Brasil. No Capítulo I, analisou-se o desempenho agronômico das combinações copa-porta-enxerto, considerando arquitetura de plantas, produção por planta e produtividade estimada. As cultivares de copa não diferiram significativamente quanto à produtividade, enquanto o porta-enxerto Flying Dragon induziu nanismo e reduziu a produção por planta, ao passo que Cleópatra, Gou Tou, Sunki e Citrumelo Swingle apresentaram desempenho produtivo semelhante entre si. No Capítulo II, foram investigados os teores de macro e micronutrientes em folhas de quatro cultivares copa enxertadas sobre seis porta-enxertos, demonstrando-se que a interação copa-porta-enxerto influenciou significativamente a absorção e o acúmulo da maioria dos macronutrientes, com destaque para o desempenho superior da combinação Valência/Flying Dragon. No Capítulo III, avaliou-se o comportamento ecofisiológico da laranja ‘Pera’ sobre diferentes porta-enxertos, considerando trocas gasosas, eficiência no uso da água e fluorescência da clorofila. Os resultados evidenciaram que os porta-enxertos alteram de maneira expressiva processos fisiológicos essenciais, com o porta-enxerto Flying Dragon promovendo maior eficiência instantânea no uso da água, além de influenciar a dinâmica fotossintética da cultivar copa. Em conjunto, os resultados desta tese demonstram que a interação copa-porta-enxerto exerce influência determinante sobre o estado nutricional, a fisiologia e o rendimento da laranjeira, reforçando a importância da seleção criteriosa de porta-enxertos para maximizar a eficiência dos pomares e promover sistemas de produção mais sustentáveis no Cerrado brasileiro.

Palavras-chave: Cultivares, Nutrição, Fisiologia, Produtividade, Análise Foliar.

AGRONOMIC PERFORMANCE AND ECOPHYSIOLOGY OF ORANGE TREES AS AFFECTED BY SCION CULTIVARS AND ROOTSTOCKS IN THE CENTRAL REGION OF BRAZIL

GENERAL ABSTRACT

Brazil, the world's largest producer of sweet oranges and the leading global supplier of citrus juice, depends heavily on the productive efficiency and sustainability of its orchards. Appropriate rootstock selection plays a central role in modern citriculture, as it directly influences vegetative vigor, nutritional status, plant physiology, productivity, and orchard longevity. In this context, the objective of this thesis was to evaluate, in an integrated manner, the effects of different combinations of sweet orange (*Citrus sinensis*) scion cultivars and rootstocks on nutritional, physiological, and agronomic attributes in the region of Anápolis, Goiás, located in central Brazil. The first component of the study examined the agronomic performance of scion–rootstock combinations, including plant architecture, yield per plant, and estimated productivity. Scion cultivars did not differ significantly in productivity, while the Flying Dragon rootstock induced dwarfing and reduced fruit yield per plant; Cleopatra, Gou Tou, Sunki, and Swingle Citrumelo, in contrast, exhibited similar productive performance. The second component assessed macro- and micronutrient concentrations in leaves of four scion cultivars grafted onto six rootstocks, demonstrating that the scion–rootstock interaction significantly affected nutrient absorption and accumulation, with the Valencia/Flying Dragon combination showing superior performance for most macronutrients. The third component evaluated the ecophysiological responses of the 'Pera' sweet orange scion grafted onto different rootstocks, including gas exchange, water-use efficiency, and chlorophyll fluorescence. The results indicated that rootstocks markedly affect essential physiological processes, with Flying Dragon enhancing instantaneous water-use efficiency and influencing photosynthetic dynamics. Collectively, the findings of this thesis demonstrate that scion–rootstock interaction exerts a decisive influence on the nutritional status, physiology, and yield of sweet orange trees, reinforcing the importance of careful rootstock selection to maximize orchard efficiency and promote more sustainable production systems in the Brazilian Cerrado.

Keywords: Cultivars, Nutrition, Physiology, Productivity, Leaf Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação pluviométrica média anual (A), temperatura máxima média, temperatura média e temperatura mínima média anual (B), durante a execução do experimento. Anápolis – GO, 2024.....	35
Figura 2 – Área experimental de laranja na Emater de Anápolis – GO, Brasil. 2024.....	36
Figura 3 – Temperatura mínima, máxima e média do ar (A) e precipitação pluviométrica (C) durante a execução do experimento.....	52
Figura 4 – Temperatura mínima, máxima e média do ar (A) e precipitação pluviométrica (C) durante a execução do experimento. Anápolis-GO, 2025.	70
Figura 5 - Taxa de fotossíntese líquida pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.....	73
Figura 6 - Condutância estomática (gs) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.....	74
Figura 7 - déficit de pressão de vapor (DPV) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.....	75
Figura 8 - Transpiração (E) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.	75
Figura 9 - Eficiência instantânea no uso da água (EUA) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.....	76
Figura 10 - Relação entre fluorescência variável e fluorescência máxima (Fv/Fm) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.....	77
Figura 11 - Índice de desempenho fotossintético (PI) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.....	78
Figura 12 - Índice de Clorofila (SPAD) em plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Altura (m) de plantas em função de combinações de porta-enxerto e cultivares copa de laranja, nos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.	37
Tabela 2. Diâmetro (m) de copa em função de combinações de porta-enxerto e cultivares copa de laranja, nos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.	39
Tabela 3. Índice de compatibilidade da enxertia (IC) em função de combinações de porta-enxerto e enxerto de laranja, nos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.....	41
Tabela 4. Produtividade média por planta (PP) e estimada por área (PEA) em combinações porta-enxerto x enxerto de laranja. Anápolis - GO, 2024.....	42
Tabela 5. PP: Produtividade média por planta (PP) e por área estimada (PE) ao longo dos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.	43
Tabela 6 - Características químicas durante a execução do experimento na profundidade de 0 - 20 cm. Anápolis-GO, 2025.	53
Tabela 7 - Nitrogênio foliar (N), Fósforo foliar (P) e Potássio foliar (K) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.....	55
Tabela 8 - Cálcio foliar (Ca) e Magnésio foliar (Mg) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.	57
Tabela 9 - Ferro foliar (Fe), Manganês foliar (Mn) e Cobre foliar (Cu) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.....	58
Tabela 10 - Zinco foliar (Zn) e Boro foliar (B) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.	60
Tabela 11 - Características químicas durante a execução do experimento na profundidade de 0 - 20 cm.	71

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	VII
CAPÍTULO I.....	14
INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 ORIGEM E HISTÓRICO	16
2.2 ASPECTOS ECONÔMICOS	17
2.3 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA	18
2.4 ENXERTIA.....	18
2.5 PRINCIPAIS CULTIVARES DE COPA	19
2.6 PRINCIPAIS CULTIVARES DE PORTA-ENXERTO.....	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO II.....	30
DESEMPENHO AGRONÔMICO DAS COMBINAÇÕES DE CULTIVARES DE COPA DE LARANJA SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL.....	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1. INTRODUÇÃO	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4. CONCLUSÕES.....	45
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO III	48
ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS EM FUNÇÃO DE COMBINAÇÕES DE CULTIVARES COPA E PORTA-ENXERTOS NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL	48
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1. INTRODUÇÃO	51
2. MATERIAL E MÉTODOS	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4. CONCLUSÕES.....	61
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

CAPÍTULO VI.....	66
ECOFISIOLOGIA DE LARANJA CV. PERA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES PORTA- ENXERTOS	66
RESUMO	67
ABSTRACT	68
1. INTRODUÇÃO	69
2. MATERIAL E MÉTODOS	70
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4. CONCLUSÕES.....	80
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
CAPÍTULO V	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS.....	86

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

A citricultura é uma das cadeias frutíferas de maior relevância econômica no comércio internacional e nacional, sendo cultivada em mais de 140 países (LIU et al., 2015). O Brasil permanece como maior produtor mundial de laranja e líder absoluto nas exportações de suco, respondendo atualmente por cerca de 70% a 75% do volume global comercializado, com embarques próximos de 1,3 milhão de toneladas e receitas que se mantêm na casa dos 2 bilhões de dólares (USDA, 2025; CitrusBR, 2024). Na safra 2024/25, a produção mundial de laranja alcançou 45,22 milhões de toneladas métricas, e o fruto segue representando mais da metade da produção global de citrus, estimada em cerca de 76 milhões de toneladas (USDA, 2025). No mercado doméstico, a citricultura brasileira segue altamente concentrada na laranja, tanto em área quanto em volume, com o cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro respondendo pela maior parcela da produção nacional, apoiada por infraestrutura industrial robusta e logística voltada à exportação. O estado de São Paulo continua reunindo aproximadamente 77% da área plantada, enquanto Goiás, embora ainda na décima posição, apresenta elevado potencial de expansão graças às condições edafoclimáticas favoráveis e ao crescimento do mercado (IBGE, 2023; AGRIANUAL, 2024).

A laranja mantém papel estratégico na fruticultura global, abastecendo o mercado *in natura*, a indústria de sucos, a formulação de bebidas e uma cadeia diversificada de derivados, como óleos essenciais, pectina e subprodutos para nutrição animal. Estudos recentes evidenciam ainda uma crescente realocação dos polos de produção dentro do Brasil, influenciada por fatores como incidência de doenças, mudanças climáticas e valorização das terras tradicionais, apontando para novos vetores de expansão e reorganização produtiva (Embrapa, 2025; IBGE, 2025).

A planta cítrica produzida comercialmente é constituída de copa e porta-enxerto, na maioria dos casos espécies diferentes, sendo necessários estudos direcionados para o melhoramento destas espécies, como também para a interação entre elas (MACHADO et al., 2005). Os porta-enxertos influenciam muitas características das copas podendo-se destacar: produtividade, vigor, época de colheita, qualidade das frutas e suco, conservação da fruta após a colheita, tolerância da planta à salinidade, déficit hídrico, a baixas temperaturas e a doenças e pragas. Outro fator de extrema importância é a incompatibilidade entre certas combinações de copa/porta-enxerto, gerando distúrbios fisiológicos como: redução do crescimento

vegetativo, necrose de tecidos, desenvolvimento anormal da parte área, improdutiva entre outras (POMPEU JUNIOR, 2005).

Na história da citricultura brasileira o limão cravo é o principal porta-enxerto utilizado, devido ao fato de conferir alta produtividade, vigor alto, longevidade às copas. Entretanto é susceptível ao declínio e à morte súbita, duas das principais doenças que destroem os pomares citrícolas do País (POMPEU JUNIOR & BLUMER, 2008; CUNHA SOBRINHO et al., 2013). Contudo na citricultura brasileira utilizam-se poucas variedades de porta-enxertos, gerando baixa diversificação nos pomares, sendo um dos principais desafios para o setor a necessidade de diferentes porta-enxertos adaptados a diversas regiões edafoclimáticas e sistemas de produção. Além disso, devido à variação de desempenho da combinação copa/porta-enxerto, são necessários ensaios para cada região produtora (SAMPAIO et al., 2016; ŞEKERLI & TUZCO, 2020).

Assim, os programas de melhoramento genético dos citrus são dirigidos, basicamente, para a obtenção de cultivares copa e porta-enxerto superiores. Nesse contexto, os objetivos específicos deste estudo consistem em compreender os padrões de resposta das diferentes combinações copa/porta-enxerto às variáveis avaliadas no experimento, analisando o comportamento do crescimento vegetativo, seus efeitos sobre o estado nutricional das plantas, especialmente quanto à absorção de nutrientes, e os aspectos fisiológicos envolvidos. Busca-se, ainda, integrar essas respostas para elucidar como tais fatores se inter-relacionam e influenciam a produtividade e a qualidade dos frutos.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar combinações copa/porta-enxerto mais adequadas às condições da região, capazes de promover melhorias na qualidade da produção de frutos, especialmente quanto ao tamanho, além de possibilitar a colheita em períodos de maior valorização no mercado interno, visando atender à demanda do mercado internacional para exportação de frutas frescas ou destinadas à indústria de suco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ORIGEM E HISTÓRICO

A laranjeira (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) é umas das árvores frutíferas mais conhecidas, pesquisadas e produzidas no mundo. A maioria das árvores cítricas, incluindo a laranjeira, tem origem na Ásia, muito provavelmente no sul da China e nordeste da Índia, cerca de 4 mil anos atrás. Existem muitas especulações e controvérsias entre autores, mas no geral seria essa sua origem. Algumas pesquisas afirmam que os cítricos teriam surgido no leste asiático, onde a primeira descrição sobre os *citrus* aparece há 2000 a.C. na literatura chinesa. O seu nome científico, *Citrus sinensis*, se dá devido a sua origem. Seu registro foi realizado pelo imperador Ta Yu (GMITTER E HU, 1990).

Assim como o seu surgimento a sua trajetória pelo mundo é pouco conhecida, estudos apontam que da Ásia a laranja foi levada para o norte da África e de lá para o sul da Europa em meados da Idade Média. Sua introdução no Brasil se deu durante a colonização (1500 d.C), pelos portugueses, tendo encontrado no país condições mais favoráveis para o desenvolvimento das plantas e produção de frutos do que na própria região de origem. Nesse momento de sua história, a laranja se disseminou pelo mundo sofrendo mutações e originando novas variedades. O seu sabor, aroma, cor e tamanho sofreram modificações acidentais, uma vez que a citricultura ficou, nessa época, entregue a sua própria sorte, assim essas modificações ocorreram aleatoriamente (SHARMA et al. 2004; LORENZI et al., 2006).

2.2 ASPECTOS ECONÔMICOS

Um das frutíferas mais cultivadas é o citrus, sendo plantada em mais de 140 países com diferentes condições climáticas desde clima tropical, subtropical e mediterrâneo, ocupando grande importância no cenário de comercialização internacional de produtos agropecuários. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de citros e o maior de laranja doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e suco de laranja. Atualmente, 70% a 75% da produção brasileira é destinada à indústria de suco, isso torna o Brasil o maior exportador de suco concentrado e congelado do mundo (LIU et al., 2015; USDA, 2025).

O Brasil mantém-se como o maior produtor mundial de laranja, com 19,05 milhões de toneladas colhidas em 2023, segundo os dados mais recentes da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2023). O país também continua líder absoluto nas exportações de suco de laranja, respondendo por aproximadamente 70% a 75% do volume global de suco concentrado e congelado (USDA, 2025). O estado de São Paulo permanece como principal produtor, concentrando cerca de 77% da área cultivada com laranja no país (IBGE, 2023). Embora a área

plantada paulista tenha diminuído ao longo dos anos devido, sobretudo, ao impacto do greening (HLB) e à conseqüente erradicação de pomares, a produtividade não sofreu queda significativa, sustentada por sistemas adensados de plantio, renovação de pomares e maior produtividade por planta (IBGE, 2023; Fundecitrus, 2024). No Centro-Oeste, a citricultura segue em expansão gradual. A região produziu cerca de 208 mil toneladas de laranja em 2023, em uma área colhida de 8.912 hectares, com produtividade média de 23,4 t/ha, representando aproximadamente 1,1% da produção nacional (IBGE, 2023).

2.3 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

As espécies de citros pertencem à família *Rutaceae*, e o gênero *Citrus* é o que apresenta maior importância econômica, também apresentam interesse comercial os gêneros *Poncirus* e *Fortunella*. Ao gênero *Citrus* relacionam-se as laranjas doces (*C. sinensis* (L.) Osbeck), tangerina comum (*C. reticulata* Blanco), limas ácidas (*C. aurantifolia* Swing.), limas doces (*C. limettioides* Tan.), limões (*C. limon* Burm F.), laranjas azedas (*C. aurantium* L.), e outras espécies, incluindo híbridos naturais (SWINGLE, 1967; CHAPOT, 1975).

O sistema de classificação botânica das espécies cítricas é complicado, existindo dois sistemas aceitos. O mais utilizado foi proposto por Swingle (1967), em que o sistema de classificação do gênero *Citrus* é composto por 16 espécies. Contudo, no sistema de classificação proposto por Tanaka (1977), o gênero *Citrus* é composto por 162 espécies. Análises filogenéticas realizadas, com base em estudos bioquímicos e utilizando marcadores moleculares, indicaram que o gênero *Citrus* é composto por apenas três espécies verdadeiras: cidra (*Citrus medica* L.), tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) e toranja (*Citrus grandis* L.). O restante dos genótipos seria derivado da hibridação entre estas espécies (BARRETT; RHODES, 1976; SCORA, 1975).

2.4 ENXERTIA

A prática da enxertia, combina um enxerto (cavaleiro) e um porta-enxerto (cavalo), onde as duas partes são unidas para formar uma nova planta com a junção de características desejáveis. É uma técnica conhecida e utilizada na fruticultura desde os tempos antigos, com o intuito de agregar características melhoradas na planta, como aumentar o vigor e aumentar a

tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos. A operação de enxertia envolve ferimento, cicatrização e restauração da continuidade vascular e objetiva criar uma associação entre os dois organismos diferentes, e cada um com suas características, devem passar a viver em estreito relacionamento, mutuamente benéfico, para que a nova planta seja produtiva e longa (HANANA & HAMED, 2015; ALBRECHT et al., 2019)

Na Ilha de Açores (território autônomo de Portugal no Oceano Atlântico) em 1842, apareceu a doença conhecida hoje como gomose (*Phytophthora* spp.). Após o seu surgimento, a técnica de enxertia já conhecida e utilizada na citricultura, começou a ser implantada de forma concreta no controle da doença utilizando porta-enxertos resistentes. Esse é o momento de transição da citricultura de pés francos para a de plantas enxertadas (CHAPOT, 1975).

No início da citricultura brasileira, desde o aparecimento do citrus nos anos de 1500 até início do século XX, todas as plantas eram provindas de sementes. Somente quando o citrus alcançou um patamar comercial que começaram a utilizar plantas já enxertadas. A produção de mudas pelo método da enxertia apresenta custos mais elevados e necessita de mão de obra tecnicizada em relação ao método de propagação por sementes. Apesar da produção de mudas por enxertia necessitar de mão de obra tecnicizada, ter um custo mais elevado em relação a propagação por sementes, os benefícios gerados no campo e na qualidade da muda são muito superiores como: plantas mais precoces, pomares uniformes, manejos do pomar são mais fáceis, colheita mais rápida e entre outros. (POMPEU JUNIOR, 2005; BASTOS, 2010).

2.5 PRINCIPAIS CULTIVARES DE COPA

O Brasil hoje se encontra como um dos países com maior com maior variabilidade genética disponível para a pesquisa agrícola em citros, mas o uso dessa variabilidade é incipiente. Devido à falta de informação adequada sobre a variabilidade disponível, os acessos continuam mantidos em bancos de germoplasma. A caracterização morfológica e fenológica, bem como a avaliação preliminar e aprofundada são etapas de suma importância desse processo, que podem ser complementadas com avaliações de ordem reprodutiva ou bioquímica. Dessa maneira, essa variabilidade genética poderá ser usada na pesquisa de melhoramento e afins (VALLS, 1988).

A denominação cultivar é usada para variedades que possuem boas características agrônomicas e produtivas. No Brasil é encontrado uma diversidade de cultivares de laranjeiras,

cada uma com um tamanho, cor de casca, textura da casca, tipo de polpa e época de colheita diferente. Em cada região tem uma concentração maior de algumas cultivares devido a preferência de mercado e das condições edafoclimáticas da região, que influenciam no período de safra atrasando ou antecipando a colheita (KOLLER, 2002; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004). Segundo a Fundecitrus (2022), é estimado que a produção da safra 24/25 no cinturão citrícola das principais variedades produzidas são:

- 73,54 milhões de caixas das variedades Valência e Valência Folha Murcha;
- 81,14 milhões de caixas da variedade Pera Rio;
- 63,02 milhões de caixas das variedades Hamlin, Westin e Rubi (grupo das precoces);
- 14,68 milhões de caixas da variedade Natal;

A seguir serão descritas algumas cultivares de copa de laranja usadas na região central do Brasil:

Laranja Pera Rio *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

A laranja ‘Pêra’ é a variedade copa mais importante e cultivada da citricultura nacional. Ganhou o mercado através das suas qualidades, conquistou a preferência dos produtores e consumidores, atendendo à demanda dos três mercados: indústria, exportação e consumo interno. O maior problema atual da variedade é sua suscetibilidade ao Vírus da Tristeza do Citrus e ao greening, exigindo constantes estudos para manutenção da pré-imunização em cultivos comerciais. A tendência da variedade em produzir várias floradas poderá reduzir-lhe a participação futura no contexto da citricultura paulista, caso venha a ser feita a adoção da colheita mecânica para a fruta industrial (MOREIRA, 1960; SALIBE & ROSSETTI, 1965; MÜLLER et al., 1999).

Laranja Valência *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

A laranja Valência é uma cultivar com o nome das famosas laranjas de Valência, na Espanha. Foi hibridizado pela primeira vez pelo agrônomo americano pioneiro e desenvolvedor de terras William Wolfskill em meados do século XIX em sua fazenda em Santa Ana, sul da Califórnia, Estados Unidos, América do Norte. Utilizada para processamento e produção de suco de laranja, as laranjas Valência possuem sementes, variando em número de zero a nove por fruta. Seu excelente sabor e cor interna o tornam desejável também para os mercados de

frutas frescas. Após a floração, geralmente carrega duas colheitas na árvore, a velha e a nova. (CHARLIE, 1987).

A laranja 'Valência' está entre as cultivares mais plantadas e consumidas no Brasil e no mundo tanto *in natura* quanto em suco. Possui um ciclo de desenvolvimento (florescimento até a colheita) que pode variar entre 6 e 16 meses. A árvore da Laranja Valência tem características com copa arredondada, muito ramificada e densa e seu porte dependerá do porta-enxerto utilizado. Os frutos são ovalados e com casca ligeiramente grossa. A maturação é tardia, sendo assim a colheita é feita entre os meses de setembro e janeiro (STENZEL et al., 2005; AULER, 2010).

Laranja Natal *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

Segundo Pio et al. (2005), é uma variedade cultivada somente no Brasil, e está entre as cultivares mais importantes dentro do grupo das laranjas doces no Brasil, porém não se conhece sua origem. Supõe-se que seja uma mutação ou clone da laranja Valência, devido as suas características serem muito parecidas. Seus frutos apresentam excelente qualidade para consumo *in natura* e industrialização. Por ser uma variedade de maturação tardia, recebeu o seu nome Natal pois sua produção se concentra nesta época (dezembro), proporciona juntamente com a valência um prolongamento a safra da laranja doce. As árvores apresentam uma copa arredondada e folhagem abundante, o tamanho no geral é grande, mas depende do porta-enxerto. Possuem alta produtividade, frutos são redondos, com poucas sementes, casca de coloração laranja-clara e espessura de fina a média. Sua polpa tem textura firme e cor alaranjada. (FIGUEIREDO, 1991; DONADIO et al., 1995)

Laranja Baianinha *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

Cultivar de laranja doce, onde surgiu em Piracicaba no estado de São Paulo, de uma mutação somática da laranja Bahia. Após o seu surgimento e depois de alguns estudos realizados sobre a variedade, se tornou uma boa alternativa em termos econômicos para os produtores. É uma cultivar bastante produtiva, frutos de tamanhos medianos, pouca semente e com bastante suco, copa arredondada e folhosa. É uma planta precoce, sendo sua principal florada em setembro e a maturação ocorre de maio a julho. Apresenta alta produtividade, em torno de 40 toneladas por hectare. (PASSOS, 2010)

2.6 PRINCIPAIS CULTIVARES DE PORTA-ENXERTO

O porta-enxerto na fruticultura em geral, é uma peça fundamental na formação de mudas. Dentro da citricultura não é diferente, na verdade hoje seria inviável produzir laranja sem a utilização de porta-enxertos, visto que ele influencia a precocidade da produção, resistência a doenças e pragas, produtividade, vigor vegetativo, qualidade organoléptica dos frutos, período de colheita e adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas desfavoráveis, além de preservar as características fundamentais das copas desejadas. Devido a isso, o porta-enxerto influencia os manejos culturais de um pomar, podendo facilitar os tratos ou até mesmo dificultar, e dependendo da qual variedade de porta-enxerto o espaçamento utilizado no plantio pode mudar (POMPEU JUNIOR, 2005).

A citricultura brasileira utiliza vários tipos de porta-enxerto. Contudo já se usou praticamente só uma variedade e hoje, mais da metade dos campos produtivos utilizam o porta-enxerto limão cravo (*C. limonia* Osbeck), que apresenta características muito boas, tais como a sua tolerância ao déficit hídrico, alto vigor, disponibilidade alta e facilidade de adquirir sementes, boa percentagem na enxertia, qualidade dos frutos e alta produtividade etc. Entretanto, torna os pomares de citrus susceptíveis a novas doenças e pragas que possam surgir, como a morte súbita do citros que está presente na maioria dos municípios produtores de citros. Diante desse fator, a utilização de porta-enxertos diferentes, que consigam preservar a características produtivas e fitopatológicas como resistência ou tolerância a este tipo de doença é de fundamental importância (POMPEU JUNIOR, 2005; FUNDECITRUS, 2022).

Uma das melhores definições da importância do porta-enxerto foi feita por Jasper Joiner,(1955) : "*A escolha e o uso de um porta-enxerto podem significar a diferença entre o sucesso e o fracasso de um pomar*".

Limão Cravo (*Citrus limonia* (L.), Osbeck)

Como citado anteriormente é o porta-enxerto mais utilizado no Brasil devido à sua tolerância ao déficit hídrico, precocidade e produtividade em relação a diferentes cultivares de copa. Oferece bom desempenho em todas as etapas, no pegamento da enxertia, vigor da planta antes de depois do enxerto. No campo suas plantas oferecem rápido crescimento, induzindo precocidade de produção, altas produções de frutos com boas características e com excelente coloração, boa adaptação a diferentes tipos de solo, média resistência às gomoses de *Phytophthora parasitica* e *P. citrophthora* (PRUDENTE et al. 2004; POMPEU JUNIOR,

2005). Segundo Rodrigues et al. (1979), é suscetível ao declínio dos citros e à morte súbita dos citros. É tolerante às raças fracas do vírus da tristeza.

Tangerina ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni*, Hort. ex. Tanaka)

É um porta-enxerto com crescimento lento, desde a sementeira até o começo da produção. Apesar de ter essa característica não apresenta incompatibilidade com a cultivar copa de laranja Pêra, porém apresenta frutos menores, mas a qualidade dos frutos é superior em características qualitativas (PRUDENTE et al., 2004). Apresenta uma tolerância média à deficiência hídrica, contudo tem boa resistência aos fungos do gênero *Phytophthora* e ao declínio dos citros. É resistente à morte súbita dos citros e da Tristeza, já que, todavia, não foi encontrado nenhuma planta com sintomas. Uma das suas peculiaridades em relação a outros porta-enxertos é a exigência de mais nutrientes (MÜLLER et al., 2002; POMPEU JÚNIOR, 2005).

Citrumelo Swingle (*Citrus paradisi Macfad.* cv. *Duncan* x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.)

Segundo Müller et al. (2002), é um híbrido com baixa suscetibilidade ao declínio dos citros e resistente à gomose *Phytophthora*, além de resistente à morte súbita dos citros e à Tristeza. Apresenta moderada resistência à seca e salinidade, prefere solos mais arenosos ou de textura média, é incompatível com laranja Pêra, gerando plantas pouco produtivas e de vida curta. Mas apresentou boa compatibilidade e produtividade com as laranjas ‘Hamlin’, ‘Baianinha’ e ‘Valência’, como também à lima ácida ‘Tahiti’. Foi observado, que essa variedade pode induzir produções tardias em alguns casos, além de influenciar proporcionar às copas uma produção de fruto com maior qualidade, quando comparado com os frutos produzidos pelos limões Cravo e Volkameriano. (Pompeu Junior, 2001).

Tangerinas ‘Sunki’ (*Citrus sunki* Hort. Ex Tanaka.)

Originária do sul da China, a tangerineira, está entre os principais porta-enxertos cítricos comerciais. Indicada em combinações com copas de laranja doce e tangerina, aumentando vigor e produtividade de frutos. Também é tolerante à tristeza, ao declínio dos citros, à salinidade e à morte súbita dos citros, possui tolerância à gomose de *Phytophthora*. Caracteriza-se pelo relativamente elevado número médio de sementes por fruto que apresenta, em torno de 19, aliado a um alto grau de poliembrionia, próximo a 100% (FILHO et al., 2003)

Flying Dragon (Trifoliata (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.)

De acordo com Stuchi et al. (2003), é um clone de mutação natural de *P. trifoliata*, que induz nanismo acentuado nas variedades de copa compatíveis. Seu uso vem crescendo aos poucos no Brasil devido às suas características, como: indução de baixo porte, resistência e tolerância a doenças e pragas, produção de frutos de alta qualidade nas copas de diversas variedades de citros, e a maior parte dessas características se deve ao fato de ter uma alta capacidade de absorção de água e nutrientes pelas raízes (CASTLE, 1995).

Uma das maiores vantagens de um porta-enxerto que tem como principal característica proporcionar o nanismo da planta, é o adensamento no plantio, facilitando manejos culturais e a colheita que na citricultura é manual. Além disso o ‘Flying Dragon’ induz, ainda, características importantes parecidas às do Trifoliata, como resistência à gomose de *Phytophthora* spp., ao nematoide dos citros (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb), Tristeza e Morte Súbita dos Citros (MEDINA et al., 2000; DONADIO ; STUCHI, 2001).

Goutoucheng (Citrus x aurantium ‘Gou Tou’)

Trata-se de um porta-enxerto dos mais comuns na China e no sudeste da Ásia. Apesar da sua similaridade com a laranjeira azeda, não se trata de uma verdadeira laranjeira azeda, mas de um híbrido natural originário da província de Zhejiang, na China. Na China, é usado com variedades copa de laranjeira doce e tangerinas, devido à sua boa resistência a algumas doenças e boa tolerância a fatores abióticos. (CASTLE et al., 1992; MARES et al., 2007).

Em pesquisas feitas com a utilização do porta-enxerto ‘Gou Tou’, conclui-se que este parece apresentar alguma tolerância à salinidade e a seca, tem comportamento vigoroso em solos calcários, apresenta tolerância ao CTV e à *Phytophthora* spp., entretanto, as árvores enxertadas sobre ele apresentam menor rendimento, com frutos de menor calibre e com menor teor de sólidos solúveis nas condições do experimento. Recomendado continuar a estudá-lo quanto à sua compatibilidade com as cultivares enxertadas e ao seu comportamento. (REIS; DUARTE, 2020).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, U.; TRIPATHI, I.; KIM, H.; BOWMAN, K. D. **Rootstocks effects on metabolite composition in leaves and roots of young navel Orange (*Citrus sinenses* L. Osbeck) and pummelo (*C. grandis* L. Osbeck) trees.** *Trees*, v. 33, p. 243-265, 2019.

AULER, P. A. M. **Preparo do solo, calagem e porta-enxertos para o cultivo de laranjeira 'Valência'.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 138p. 2010.

BARRETT, H. C.; RHODES, A. M. **A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives.** *Systematic Botany, Notre Dame*, v. 1, n. 2, p. 105-136, 1976.

BASTOS, D. C. **Propagação.** In: MOUCO, M. A. C. (Ed.). **Cultivo da Mangueira.** (Sistemas de produção, 2) 2. Ed. Embrapa Semiárido, p. 29, 2010.

CASTLE, W. S., PELOSI, R. R., YOUTSEY, C. O., GMITTER, F.G., LEE, R. F., POWELL, C.A. & HU, X. **Rootstocks similar to sour orange for Florida citrus trees,** University of Florida, IFAS, *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 105:56-60. 1992.

CASTLE, W.S. **Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops.** *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, New Zealand, v.23, p.383-394. 1995.

CITRUSBR. **Relatórios de exportação de suco de laranja.** São Paulo, 2024.

CHAPOT, H. **The citrus plant.** In: HÄFLINGER, E. (Ed.) *Citrus: Basle, Switzerland*, CIBA-GEIGY. p. 14-20. 1975.

DONADIO, L. C.; FIGUEIREDO, J. O. de; PIO, R. M.; **Variedades cítricas brasileiras.** Jaboticabal, SP: FUNEP, 228 p. 1995.

DONADIO, L. C.; STUCHI, E. S. **Adensamento de plantio e anançamento de citros.** Jaboticabal: FUNEP, 70 p. (Boletim Citrícola, 16). 2001.

EMBRAPA. **Plataforma Macrologística Agropecuária: painel citros**. Brasília, DF, 2025.

FIGUEIREDO, JO. **Variedades copas**. In: RODRIGUEZ, O. et al. (Eds.). *Citricultura brasileira*. 2. ed. Campinas, SP: Fundação Cargill, v. 1, p. 228- 57. 1991.

FUNDECITRUS. **Citros**. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/>. Acesso em: 05 dez. 2025.

GMITTER, Frederick G.; HU, Xulan. The possible role of Yunnan, China, in the origin of contemporary Citrus species (Rutaceae). *Economic Botany*, v. 44, n. 2, p. 267-277, 1990.

HANANA, M.; HAMROUNI, L.; HAMED K. B.; ABDELLLY C. **Influence of the Rootstock/Scion Combination on the Grapevine's Behavior under Salt Stress**. *Journal of Plant Biochemistry & Physiology*, v. 3, 2015.

IBGE. **Produção de laranja no Brasil: séries históricas e mapas temáticos**. Rio de Janeiro, 2025.

JEAN, CHARLIE. **"Lena Hughes, Orange Tree Researcher, Dies"**. *Orlando Sentinel*, December 21, 1987.

JOINER, Jasper N. **Citrus Rootstocks**. University of Florida Agricultural Extension Service, 1955.

KOLLER, O. C. Abacate: **Produção de Mudás, instalação e manejo de pomares, colheita e póscolheita**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 145 p. 2002.

LIU, X.; LI, J.; HUANG, M.; CHEN, J. **Mechanisms for the influence of citrus rootstocks on fruit size**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.63, n. 10 p.2618-2627, 2015

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 672 p. 2006.

MARES, M. T.; BELLVER, R.; VILLALBA, D.; GAVILÁ, L. & MÉNDEZ, J.V. **Resultados de experiencias con los patrones de cítricos “Gou Tou”, mandarino “Cleopatra” y los citrangeres “Carrizo”, C-35 y C-32**, Levante Agrícola, 386: 224-233. 2007.

MEDINA, C. L.; MULLER, G. W.; FIGUEIREDO, J. O.; SALIBE, A. A. **Porta-enxerto ‘Flying Dragon’ em plantios adensados de lima-ácida Tahiti**. Citricultura Atual, Cordeirópolis, n. 14, p. 8-10, 2000.

MOREIRA, S. **Um novo problema para a nossa citricultura**. Revista de Agricultura, Piracicaba, v. 35, n.2, p.77-82, 1960.

MÜLLER, G. W.; TARGON, M. L. P. N. & MACHADO, M. A. **Trinta anos de uso de clone pré-imunizado ‘Pêra IAC’ na citricultura paulista**. Laranja, Cordeirópolis, SP, v.20, n.2, p.399-408, 1999.

MÜLLER, G. W.; NEGRI, J. D.; AGUILARVILDOSO, C. I.; MATTOS JUNIOR, D.; POMPEU JUNIOR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MACHADO, M. A. & GIROTTO, L.F. **Morte súbita dos citros: uma nova doença na citricultura brasileira**. Laranja, Cordeirópolis, v.23, n.2, p.371-386, 2002.

PIO, R. M.; FIGUEREDO, J. O.; STUCHI, E. S.; CARDOSO, S. A. de B. **Variedades copas**. In: MATTOS JUNIOR, DIRCEU DE; NEGRI, JOSÉ DAGOBERTO DE; PIO, ROSE MARY; POMPEU JUNIOR, JORGINO (EDS.). **Citros**. Campinas, SP: Instituto Agronômico e Fundag, 929 p. 2005.

POMPEU JUNIOR, J. **Cuidados no uso do citrumelo ‘Swingle’**. Revista Fundecitrus, Araraquara, v.14, n.106, p.4, 2001.

POMPEU JUNIOR, J. **Porta-enxertos**. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR., J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC: FUNDAG, p.63-104, 2005.

PRUDENTE, R. M.; SILVA, L. M. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. **Comportamento da laranjeira 'Pêra' D 6 sobre dez porta-enxertos em ecossistema de tabuleiros costeiros de Sergipe. Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Palestras e Resumos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19, 2006, Cabo Frio, RJ.: SBF/UENF/ UFRuralRJ. 2006. p.395.

RODRIGUES, O.; ROSSETTI, V.V.; MULLER, G.W.; MOREIRA, C.S.; PRATES, H.S.; DE NEGRI, J.D. & GREVE, A. **Declínio de plantas cítricas em São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas. 927-932 p. 1979.

SHARMA, B. D.; HORE, D. K.; GUPTA, S. G. Genetic resources of Citrus of north-eastern India and their potential use. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, n. 4, p. 411-418, 2004.

SALIBE, A. A. & ROSSETTI, V. **Stem pitting and decline of Pera sweet orange in the State of São Paulo**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS SCORA, R. W. **On the history and origin of Citrus**. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, v. 102, n. 6, p. 369, 1975.

STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; SCHOLZ, M. B. dos S.; GOMES, J .C. **Comportamento da laranjeira 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no noroeste do Paraná**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, p.408-411, 2005.

STUCHI, E.S., SEMPIONATO, O.R. SILVA, J.A.A. da. **Influência dos porta-enxertos na qualidade dos frutos cítricos**. *Laranja, Corderópolis*, v.17, n. 1, p. 159-178, 1996.

SWINGLE, W. T. **The botany of citrus and its wild relatives**. In: REUTHER, W.; WEBBER, H. J.; BATCHELOR, L. D. (Ed.) **The Citrus industry**. 2ed. Berkeley: University of California, v.1, n.3, p.190-430, 1967.

TANAKA, T. **Fundamental discussion of Citrus classification.** *Studia Citrologica*, Fukuoka-ken, v. 14, p. 1-6, 1977.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. **Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n. 1, 17–23 p., 2004.

USDA. **Citrus: world markets and trade.** Washington, DC: Foreign Agricultural Service, 2025.

VIROLOGISTS, 3., 1963, **Gainesville. Proceedings...** Gainesville: University of Florida Press, 52-55 p. 1965.

VALLS, J. F. M. **Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma vegetal.** In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS. 1., Jaboticabal, 1988. Anais... Jaboticabal, FCAVJ, UNESP, 106-128 p. 1988.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO AGRONÔMICO DAS COMBINAÇÕES DE CULTIVARES DE COPA DE LARANJA SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

CAP. II - DESEMPENHO AGRONÔMICO DAS COMBINAÇÕES DE CULTIVARES DE COPA DE LARANJA SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agronômico de combinações de cultivares de copa de laranjeira sob diferentes porta-enxertos, incluindo arquitetura de plantas, produção por planta e produtividade estimada por área. O experimento foi conduzido em um pomar experimental no município de Anápolis, GO, localizado na região central do Brasil, em delineamento de blocos ao acaso, com 24 tratamentos, três blocos e três plantas por parcela, totalizando 216 plantas. As cultivares de copa utilizadas foram Pera, Valência, Natal e Bahia, enquanto os porta-enxertos incluíram Cravo, Flying Dragon, Cleópatra, Gou Tou, Sunki e Citrumelo Swingle. As variáveis analisadas foram índice de compatibilidade, diâmetro de copa, altura das plantas, produção por planta e produtividade estimada por área. Os dados foram coletados no período de 2019 a 2023 e submetidos à análise de variância, seguida pela comparação de médias pelo teste de agrupamento de Scott & Knott ($p \leq 0,01$). A produtividade de frutos não diferiu significativamente entre as cultivares de copa testadas. Os porta-enxertos limão Cravo, Cleópatra, Gou Tou, Sunki e Citrumelo Swingle não diferiram entre si na produtividade de frutos de laranja das variedades copa. Por outro lado, o porta-enxerto Flying Dragon reduziu a produtividade de frutos por planta dessas variedades copa e induziu nanismo nas plantas.

Palavras-chave: Variedades de Laranja, Enxertia, Arquitetura de Planta, Produtividade.

CHAPTER. II - AGRONOMIC PERFORMANCE OF ORANGE SCION CULTIVAR COMBINATIONS UNDER DIFFERENT ROOTSTOCKS IN THE CENTRAL REGION OF BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of combinations of orange scion cultivars grafted onto different rootstocks, including plant architecture, yield per plant and estimated per area. The experiment was carried out in an experimental orange orchard in the municipality of Anápolis, GO, located in the central region of Brazil, in a randomized block design with 24 treatments, three blocks, and three plants per plot, totaling 216 plants. The scion cultivars evaluated were Pera, Valência, Natal and Bahia, while the rootstocks included Cravo, Flying Dragon, Cleópatra, Gou Tou, Sunki and Citrumelo Swingle. The parameters analyzed were compatibility index, canopy diameter, plant height, yield per plant and estimated productivity per area. Data were collected from 2019 to 2023 and subjected to analysis of variance, followed by mean comparison using the Scott & Knott test ($p \leq 0,01$). Fruit yield did not differ significantly between the canopy cultivars tested. The rootstocks Cravo, Cleópatra, Gou Tou, Sunki and Citrumelo Swingle did not differ from each other in the productivity of orange fruits of the canopy varieties. On the other hand, the Flying Dragon rootstock reduced the fruit yield per plant of these scion varieties and induced stunting in the plants.

Key words: Orange Varieties, Grafting, Plant Architecture, Productivity.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, com cerca de 34% da produção da fruta *in natura*, na safra 2020/21 e é o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja, sendo responsável por aproximadamente 70% do suco dessa fruta comercializado (USDA, 2023). A citricultura brasileira é fortemente concentrada na produção de laranja, e aproximadamente 63% desta produção é obtida em São Paulo. Já o estado de Goiás, localizado na região central do Brasil, é apenas o oitavo colocado entre os estados produtores (IBGE, 2024).

Apesar de a região Central do Brasil ainda ser pouco expressiva na produção nacional de laranja, ela apresenta grande potencial para incremento produtivo devido às condições edafoclimáticas favoráveis e ao crescimento do mercado consumidor local. Nesse contexto, pesquisas relacionadas ao desempenho agrônômico desta cultura nas diversas regiões produtoras são de grande relevância para a maximização de aspectos como produtividade e qualidade.

A enxertia, amplamente utilizada na propagação dos citros, é crucial para a produtividade e a eficiência do pomar (SOBRINHO et al., 2013). A planta cítrica produzida comercialmente é constituída de copa e porta-enxerto, na maioria dos casos a partir de espécies diferentes, sendo, portanto, necessários estudos testando diferentes combinações nas distintas regiões produtoras. Os porta-enxertos afetam muitas características das copas, como produtividade, vigor, época de colheita, qualidade das frutas e suco, tolerância da planta à salinidade, ao déficit hídrico, a temperaturas extremas e a doenças e pragas. Outro fator importante é a possível incompatibilidade entre certas combinações de copa/porta-enxerto, podendo gerar distúrbios fisiológicos resultantes em redução do crescimento vegetativo, necrose de tecidos, desenvolvimento vegetativo anormal, entre outras (POMPEU JUNIOR, 2005).

A diversificação dos porta-enxertos, incluindo o uso de variedades ananícantes, pode aumentar a eficiência produtiva através do adensamento do plantio, facilitando o manejo e reduzindo custos de colheita (CARLOS, STUCHI & DONADIO, 1997). Portanto, outros porta-enxertos podem ser tão eficazes quanto ou mais que o Limoeiro Cravo, o mais utilizado atualmente nos pomares de citros no Brasil. Para comprovar a eficácia de outros porta-

enxertos, é necessário avaliar a produção por períodos superiores a quatro anos (SOARES FILHO, 2015).

No Brasil, utilizam-se poucas variedades de porta-enxertos, gerando baixa diversificação nos pomares. Um dos principais desafios para o setor é a necessidade de porta-enxertos adaptados às diferentes regiões edafoclimáticas e sistemas de produção (SAMPAIO et al., 2016; ŞEKERLI & TUZCO, 2020). Na história da citricultura brasileira, o limão cravo tem sido o principal porta-enxerto utilizado, devido ao fato de conferir alta produtividade, vigor e longevidade às copas. Entretanto, é suscetível ao declínio e à morte súbita, duas das principais doenças que prejudicam os pomares citrícolas do País (POMPEU JUNIOR & BLUMER, 2008; CUNHA SOBRINHO et al., 2013).

Este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de diferentes combinações de cultivares de copa de laranja e porta-enxertos de citrus no tocante a: índice de compatibilidade de enxertia, arquitetura da planta, produtividade por planta e estimada por área, visando identificar combinações mais adequadas para a região Central do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um pomar experimental de laranja, no município de Anápolis – GO, na Estação Experimental da Emater, que compreende uma área total de 348,5 ha, altitude média de 1.051 m, Latitude – 16°20'12.614” S e Longitude 48°53'13.1010”. A temperatura média anual no local, no período de 2019 a 2023, foi 23 °C, com média de precipitação pluviométrica acumulada anual de 1789 mm (Figura 1). De acordo com a classificação de KÖPPEN e GEIGER, o clima da região é tropical do tipo Aw, caracterizado como tropical com inverno seco e verão chuvoso (CLIMA-DATA, 2024; EMATER, 2024).

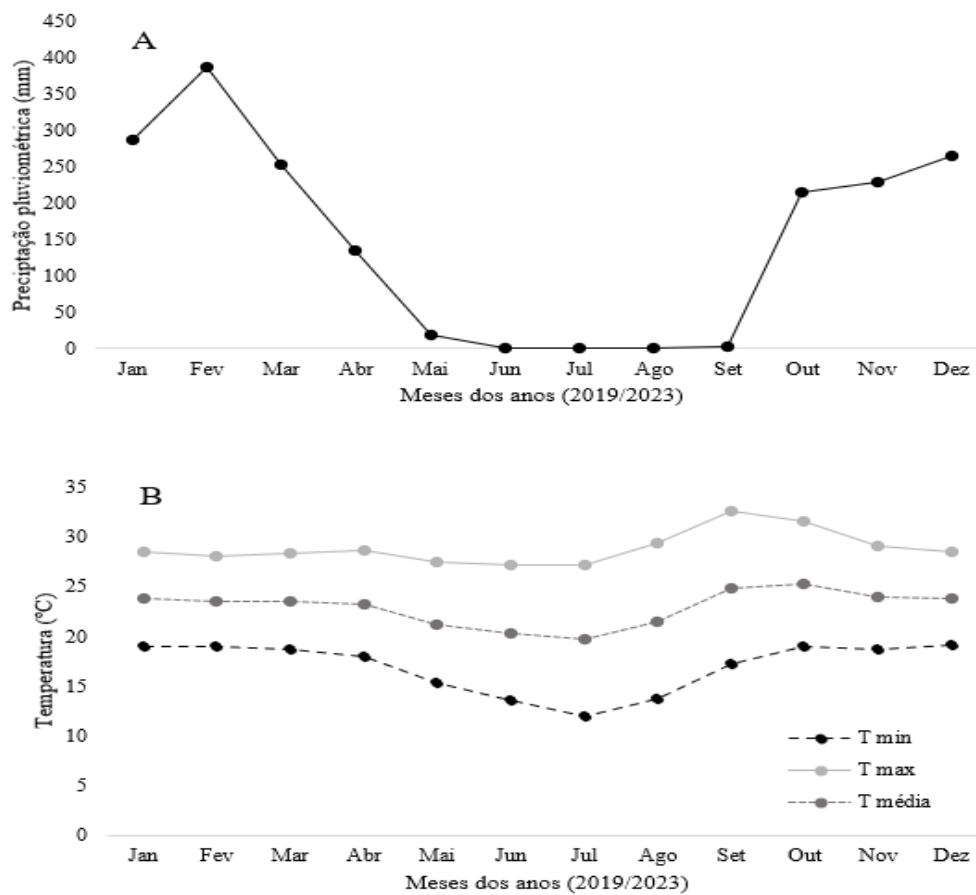


Figura 1 – Precipitação pluviométrica média anual (A), temperatura máxima média, temperatura média e temperatura mínima média anual (B), durante a execução do experimento. Anápolis – GO, 2024.

O pomar experimental foi implantado em 2013, de modo que na primeira avaliação as plantas se encontravam com 6 anos de idade, ou seja, em fase adulta e em plena produção. O espaçamento adotado na implantação foi de 7 x 4 metros, resultando em uma densidade de plantas inferior ao usualmente empregado em pomares comerciais e assim maximizando a produtividade. Os tratos culturais foram aplicados de maneira uniforme em todo o pomar experimental. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com três repetições, sendo cada bloco representado por duas linhas de plantio. Foram testadas quatro cultivares copa: Pera (PER), Valência (VAL), Natal (NAT) e Bahia (BAH), enxertadas em seis variedades de porta-enxertos, Cravo (CRA), Flying Dragon (FLY), Cleópatra (CLEO), Gou Tou (GOU), Sunki (SUN) e Citrumelo Swingle (CIT), perfazendo 24 tratamentos. As parcelas foram constituídas por três plantas por parcela, totalizando 216 plantas na área experimental (Figura 2).



Figura 2 – Área experimental de laranja na Emater de Anápolis – GO, Brasil. 2024.

As irrigações foram iniciadas na estação seca, aos 60 dias após a última precipitação acima de 20 mm e interrompidas em meados de outubro, com dois microaspersores por planta, fornecendo-se 50 L dia⁻¹ planta⁻¹ (4,0 a 4,5 mm dia⁻¹), a partir do sexto ano. As adubações foram baseadas em análise de solo, sendo aplicados anualmente: 200 kg ha⁻¹ de N; 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 160 kg ha⁻¹ de K₂O; 100 kg ha⁻¹ de Ca²⁺; 60 kg ha⁻¹ de Mg²⁺ e 70 kg ha⁻¹ de SO₄²⁻, parcelados da seguinte forma: 20% em outubro, 50% em dezembro e 30% em fevereiro.

Os parâmetros analisados, no período de 2019-2023, foram produtividade média por planta, produtividade média estimada por área, altura da planta, diâmetro de copa e índice de compatibilidade (IC) entre enxerto e porta-enxerto. A produtividade média por planta (PP) foi avaliada por meio da pesagem de todos os frutos colhidos de cada planta em balança digital e depois realizada a média das plantas.

Para estimar a produtividade média estimada por área (PEA), foi realizada uma simulação de produtividade com base na densidade de plantio (plantas/ha) projetada para cada tratamento, considerando as diferenças nos parâmetros de crescimento vegetativo (altura da planta e diâmetro de copa) entre as combinações enxerto/porta-enxerto. Assim, para os tratamentos que envolviam os porta-enxertos Cravo, Cleópatra, Citrumelo Swingle e Sunki, a produtividade foi estimada em espaçamento de 5x3 (667 plantas por hectare); para os tratamentos com o porta-enxerto Gou Tou, foi considerado o espaçamento de 5x4 (500 plantas por hectare) e para os tratamentos com o porta-enxerto Flying Dragon, o espaçamento foi de 4x2 (1250 plantas por hectare).

A altura da planta (AP), avaliada em todas as plantas, foi medida da base do caule ao nível do solo até a extremidade do ramo mais alto, mediante régua graduada. O diâmetro da copa (DC) foi medido na altura de 1,5 m, no sentido perpendicular às linhas de plantio. O

índice de compatibilidade (IC) foi calculado por meio da razão entre o diâmetro do caule 5,0 cm abaixo da enxertia e o diâmetro do caule 5,0 cm acima da enxertia, utilizando paquímetro.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de agrupamento de Scott&Knott ($p \leq 0.01$), utilizando o *software* AgroEstat (BARBOSA e MALDONADO JUNIOR, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os anos de avaliação, ficou evidente o efeito da interação entre porta-enxerto e enxerto na altura das plantas (Tabela 1). Observou-se que, independentemente da cultivar de copa utilizada, os porta-enxertos exerceram influência significativa sobre a altura das plantas. Em 2019, ficou evidente apenas o menor porte das plantas com o porta-enxerto Flying Dragon, mas com o passar do tempo as diferenças de altura se intensificaram entre os outros porta-enxertos. Montalvão (2020) também observou o efeito ananicante do porta-enxerto Flying Dragon em variedades copa de laranja.

A variedade copa Natal apresentou a maior constância em relação à altura ao longo dos anos avaliados, estando sempre entre as mais altas no experimento. As maiores alturas de plantas ocorreram nas seguintes combinações de Porta-enxerto x enxerto, especialmente nos dois últimos anos: CRA x NAT, CLEO x NAT, SUN x NAT e GOU x NAT. O Porta-enxerto Citrumelo Swingle gerou plantas significativamente menores em relação às demais, à exceção da Flying Dragon, que gerou as menores plantas.

Tabela 1. Altura (m) de plantas em função de combinações de porta-enxerto e cultivares copa de laranja, nos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.

Porta-enxerto x enxerto	2019	2020	2021	2022	2023	Média
CRA x PER	2,28 aC	3,05 aB	3,44 bA	3,57 bA	3,58 bA	3,18 b
CRA x NAT	2,49 aD	3,39 aC	4,04 aB	4,43 aA	4,78 aA	3,82 a
CRA x VAL	2,05 aC	3,13 aB	3,43 bB	3,77 bA	4,08 bA	3,29 b
CRA x BAH	2,63 aB	3,11 aA	3,33 bA	3,44 bA	3,68 bA	3,24 b
CLE x PER	2,33 aC	3,19 aB	3,87 aA	3,99 aA	3,99 bA	3,47 b
CLE x NAT	2,44 aD	3,34 aC	4,07 aB	4,54 aA	4,69 aA	3,82 a
CLE x VAL	2,32 aC	3,19 aB	3,48 bB	3,64 bA	3,97 bA	3,32 b

CLE x BAH	2,41 aC	3,07 aB	3,53 bA	3,58 bA	3,69 bA	3,26 b
FLY x PER	1,51 bA	1,56 cA	1,74 dA	1,80 eA	1,81 dA	1,68 d
FLY x NAT	1,62 bB	1,56 cB	2,06 dA	2,23 dA	2,28 dA	1,95 d
FLY x VAL	1,27 bB	1,42 cB	1,55 dB	2,20 dA	2,23 dA	1,73 d
FLY x BAH	1,25 bA	1,48 cA	1,60 dA	1,68 eA	1,77 dA	1,56 d
CIT x PER	1,99 aB	2,06 aA	2,84 cA	2,94 cA	3,10 cA	2,79 c
CIT x NAT	2,09 aB	2,52 bB	2,83 cA	3,01 cA	3,14 cA	2,72 c
CIT x VAL	2,32 aB	2,61 bB	2,92 cA	3,02 cA	3,11 cA	2,80 c
CIT x BAH	2,55 aC	3,09 aB	3,65 aA	3,79 bA	4,00 bA	3,42 b
SUN x PER	2,33 aC	3,11 aB	3,67 aA	3,82 bA	3,95 bA	3,37 b
SUN x NAT	2,42 aD	3,35 aC	4,18 aB	4,38 aB	4,76 aA	3,82 a
SUN x VAL	2,21 aC	2,86 bB	3,39 bA	3,47 bA	3,50 bA	3,08 b
SUN x BAH	2,63 aB	3,00 aB	3,40 bA	3,59 bA	3,78 bA	3,28 b
GOU x PER	2,15 aB	3,16 aA	3,44 bA	3,60 bA	3,62 bA	3,19 b
GOU x NAT	2,76 aD	3,23 aC	4,03 aB	4,39 aB	4,76 aA	3,83 a
GOU x VAL	2,30 aB	2,84 bB	3,34 bA	3,57 bA	3,74 bA	3,16 b
GOU x BAH	2,52 aC	3,09 aB	3,23 bB	3,53 bA	3,80 bA	3,23 b
Média	2,20 D	2,80 C	3,21 B	3,41 A	3,55 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,01$). PER: Pera; VAL: Valência; NAT: Natal; BAH: Bahia; CRA: Cravo; FLY: Flying Dragon; CLEO: Cleópatra; GOU: Gou Tou; SUN: Sunki; CIT: Citrumelo Swingle.

O diâmetro de copa variou significativamente entre os porta-enxertos avaliados ao longo dos anos (Tabela 2). O porta-enxerto Flying Dragon gerou plantas com menor diâmetro de copa, diferindo estatisticamente dos demais, confirmando a característica ananicante do porta-enxerto trifoliata Flying Dragon também com relação a esse parâmetro. De maneira geral, os porta-enxerto Cleópatra e Gou Tou geraram os maiores diâmetros de copa nas variedades copa. Esses resultados são importantes para compreender os efeitos do Porta-enxerto no padrão de crescimento das variedades de copa de laranja na região estudada. Decisões relativas ao espaçamento entre plantas e manejo do pomar, por exemplo, são grandemente afetadas pelo padrão de crescimento das plantas.

Tabela 2. Diâmetro (m) de copa em função de combinações de porta-enxerto e cultivares copa de laranja, nos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.

Porta-enxerto x enxerto	2019	2020	2021	2022	2023	Média
CRA x PER	2,31 aC	3,01 aB	3,57 bA	3,68 bA	3,83 bA	3,28 b
CRA x NAT	2,10 aC	2,93 aB	4,05 aA	4,25 aA	4,37 aA	3,54 a
CRA x VAL	2,06 aC	2,79 bB	3,72 bA	3,76 bA	3,93 bA	3,25 b
CRA x BAH	2,20 aC	2,74 bB	3,83 bA	3,98 bA	4,14 bA	3,38 b
CLE x PER	2,26 aC	3,35 aB	4,34 aA	4,48 aA	4,72 aA	3,83 a
CLE x NAT	2,06 aC	3,24 aB	4,30 aA	4,53 aA	4,70 aA	3,77 a
CLE x VAL	2,19 aC	2,85 aB	4,15 aA	4,26 aA	4,43 aA	3,58 a
CLE x BAH	2,14 aC	3,21 aB	4,28 aA	4,39 aA	4,54 aA	3,71 a
FLY x PER	1,25 bC	1,63 cC	2,14 cB	2,29 cB	2,81 dA	2,02 c
FLY x NAT	1,27 bB	1,46 cB	2,26 cA	2,37 cA	2,48 dA	1,97 c
FLY x VAL	1,17 bB	1,43 cB	1,97 cA	2,15 cA	2,26 dA	1,80 d
FLY x BAH	1,33 bB	1,38 cB	1,81 cA	1,96 cA	2,09 dA	1,71 d
CIT x PER	1,70 bC	2,92 aB	3,14 bB	3,46 bA	3,62 bA	2,97 b
CIT x NAT	1,96 aC	2,59 bB	3,62 bA	3,79 bA	3,98 bA	3,19 b
CIT x VAL	1,92 aB	2,42 bB	3,50 bA	3,71 bA	3,90 bA	3,09 b
CIT x BAH	2,05 aC	2,87 aB	4,17 aA	4,38 aA	4,56 aA	3,61 a
SUN x PER	2,31 aC	2,98 aB	3,94 aA	4,03 bA	4,20 bA	3,49 a
SUN x NAT	1,92 aC	2,96 aB	3,92 aA	4,03 bA	4,15 bA	3,40 b
SUN x VAL	2,11 aB	2,58 bB	3,62 bA	3,77 bA	4,01 bA	3,22 b
SUN x BAH	2,34 aB	2,58 bB	3,71 bA	3,82 bA	3,95 bA	3,28 b
GOU x PER	1,99 aC	3,05 aB	3,97 aA	4,12 aA	4,32 aA	3,49 a
GOU x NAT	2,22 aC	3,00 aB	4,10 aA	4,21 aA	4,38 aA	3,58 a
GOU x VAL	1,77 aC	2,67 bB	3,98 aA	4,15 aA	4,35 aA	3,38 b
GOU x BAH	2,42 aC	3,15 aB	4,34 aA	4,46 aA	4,66 aA	3,81 a
Média	1,96 E	2,66 D	3,60 C	3,75 B	3,95 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,01$). PER: Pera; VAL: Valência; NAT: Natal;

BAH: Bahia; CRA: Cravo; FLY: Flying Dragon; CLEO: Cleópatra; GOU: Gou Tou; SUN: Sunki; CIT: Citrumelo Swingle.

O índice de compatibilidade de enxertia (IC) variou entre os porta-enxertos utilizados e entre os anos de avaliação (Tabela 3). O conhecimento do IC possibilita identificar se o padrão de crescimento em diâmetro do caule é homogêneo entre as variedades porta-enxerto e enxerto. Em geral, deve-se priorizar combinações que apresentam IC próximo de um, pois tal valor reflete exatamente o mesmo diâmetro de caule entre as cultivares de porta-enxerto e copa. Esse valor também indica que o processo de enxertia foi bem-feito e, conseqüentemente, dará uma boa sustentabilidade à planta, proporcionando um desenvolvimento mais vigoroso (NEGREIROS et al., 2010). No ano de 2019, os valores de IC foram os mais próximos a um e com o passar dos anos houve tendência de maior dispersão desse valor entre os porta-enxertos. Nos últimos três anos de avaliação, os porta-enxertos Cravo, Cleópatra e Sunki apresentaram valores mais próximos a um, sem diferenças estatisticamente significativas entre si, sugerindo um grau de compatibilidade maior em relação aos outros porta-enxertos, independentemente da variedade de copa. Em contrapartida, os porta-enxertos Flying Dragon, Citrumelo Swingle e Gou Tou apresentaram, na sua maioria, valores de IC superiores a 1,5, diferenciando-se estatisticamente dos porta-enxertos anteriormente mencionados.

A compatibilidade entre copa e porta-enxerto é um requisito tão importante na escolha do porta-enxerto quanto seus atributos agrônômicos e sua resistência a estresses bióticos e abióticos (Emmanouilidou e Kyriacou, 2017). Além disso, quando a enxertia não é bem-feita os diâmetros ficam bem distintos entre si, com tendência de obtenção de ramos menos vigorosos, possibilitando sua quebra e conseqüente redução da produtividade do pomar (LIMA et al., 2014).

A incompatibilidade entre genótipos pode vir a ocorrer nos primeiros anos após a enxertia, dependendo da combinação utilizada, do grau de alteração anatômica e de fatores fisiológicos na união entre os genótipos. Tal fato poderá refletir em sintomas de deficiência nutricional, queda das folhas em razão do amarelecimento e, até mesmo, no secamento de ponteiros, brotações e perdas de produção (POMPEU JUNIOR, 2005). Entretanto, a incompatibilidade também pode demorar dez ou mais anos para se manifestar, sendo de suma importância avaliações no decorrer dos anos (BLUMER; POMPEU JUNIOR, 2009).

Tabela 3. Índice de compatibilidade da enxertia (IC) em função de combinações de porta-enxerto e enxerto de laranja, nos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.

Porta-enxerto x enxerto	2019	2020	2021	2022	2023	Média
CRA x PER	0,99 bC	1,38 aA	1,20 cB	1,04 bC	0,95 dC	1,11 c
CRA x NAT	1,00 bB	1,37 aA	1,23 cA	1,16 bB	1,14 dB	1,18 c
CRA x VAL	1,01 bB	1,33 bA	1,16 cB	1,11 bB	1,16 dB	1,15 c
CRA x BAH	1,04 aA	1,31 bA	1,16 cA	1,13 bA	1,15 dA	1,16 c
CLE x PER	0,99 bA	1,26 bA	1,16 cA	1,12 bA	1,12 dA	1,13 c
CLE x NAT	0,90 bB	1,24 bA	1,21 cA	1,15 bA	1,14 dA	1,13 c
CLE x VAL	0,90 bB	1,26 bA	1,15 cA	1,14 bA	1,22 cA	1,14 c
CLE x BAH	0,97 bB	1,29 bA	1,26 cA	1,29 bA	1,25 cA	1,21 c
FLY x PER	1,09 aB	1,25 bB	1,39 bA	1,57 aA	1,50 bA	1,36 b
FLY x NAT	0,85 bC	1,23 bB	1,34 bB	1,49 aA	1,51 bA	1,29 b
FLY x VAL	1,12 aC	1,15 bC	1,35 bB	1,57 aA	1,48 bA	1,33 b
FLY x BAH	1,08 aB	1,08 bB	1,37 bA	1,41 aA	1,47 bA	1,28 b
CIT x PER	1,03 aC	1,42 aA	1,40 bA	1,45 aA	1,22 cB	1,30 b
CIT x NAT	1,14 aC	1,38 aB	1,49 aA	1,62 aA	1,66 aA	1,46 a
CIT x VAL	0,99 bC	1,44 aB	1,55 aB	1,61 aA	1,73 aA	1,46 a
CIT x BAH	0,79 bC	1,39 aB	1,38 bB	1,59 aA	1,70 aA	1,37 b
SUN x PER	1,05 aA	1,26 bA	1,13 cA	1,08 bA	1,06 dA	1,12 c
SUN x NAT	0,96 bC	1,39 aA	1,29 cA	1,16 bB	1,14 dB	1,19 c
SUN x VAL	0,98 bB	1,31 bA	1,27 cA	1,17 bA	1,17 dA	1,18 c
SUN x BAH	1,06 aB	1,34 aA	1,18 cA	1,22 bA	1,27 cA	1,22 c
GOU x PER	0,95 bB	1,43 aA	1,49 aA	1,37 aA	1,36 cA	1,32 b
GOU x NAT	0,98 bB	1,48 aA	1,64 aA	1,57 aA	1,58 bA	1,45 a
GOU x VAL	0,91 bB	1,60 aA	1,52 aA	1,53 aA	1,53 bA	1,42 a
GOU x BAH	1,14 aB	1,49 aA	1,55 aA	1,51 aA	1,60 bA	1,46 a
Média	1,00 B	1,34 A	1,33 A	1,34 A	1,34 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,01$). PER: Pera; VAL: Valência; NAT: Natal;

BAH: Bahia; CRA: Cravo; FLY: Flying Dragon; CLEO: Cleópatra; GOU: Gou Tou; SUN: Sunki; CIT: Citrumelo Swingle.

Não ocorreram interações significativas entre as combinações porta-enxerto x enxerto e os anos de avaliação no tocante à produtividade média por planta (PP) e à produtividade média estimada por área (PEA). Entretanto, observaram-se diferenças significativas entre as combinações porta-enxerto x enxerto com relação a esses parâmetros (Tabelas 4 e 5). As maiores PP, superiores a 63 kg/planta, ocorreram nas combinações CRA x PER, CRA x NAT, CRA x VAL, SUN x PER, SUN x BAH, GOU x NAT e GOU x BAH. Por outro lado, as menores PP, de 20 e 26 kg/planta, ocorreram mediante o uso do porta-enxerto Flying Dragon. Nas demais combinações, a PP variou de 55 a 61 kg/planta. Com relação à PEA, não foram observadas diferenças significativas entre as combinações porta-enxerto x enxerto, à exceção daquelas envolvendo o porta-enxerto Flying Dragon, que reduziu a PEA de 36 a 46 t/ha de frutas para 25 a 32 t/ha. Embora o porta-enxerto 'Flying Dragon' tenha gerado plantas com PP e PEA inferiores em relação aos demais, o porte reduzido dessas plantas pode ser interessante sob o ponto de vista de manejo do pomar.

Tabela 4. Produtividade média por planta (PP) e estimada por área (PEA) em combinações porta-enxerto x enxerto de laranja. Anápolis - GO, 2024.

Porta-enxerto x enxerto	PP (Kg)	PEA (t/ha)
CRA x PER	63,29 a	42,19 a
CRA x NAT	68,76 a	45,84 a
CRA x VAL	64,62 a	43,08 a
CRA x BAH	60,52 b	40,34 a
CLE x PER	61,82 b	41,21 a
CLE x NAT	58,87 b	39,25 a
CLE x VAL	60,63 b	40,42 a
CLE x BAH	57,21 b	38,14 a
FLY x PER	26,24 c	32,80 b
FLY x NAT	20,25 c	25,31 b
FLY x VAL	22,40 c	28,00 b
FLY x BAH	23,30 c	29,12 b
CIT x PER	59,33 b	39,56 a

CIT x NAT	57,96 b	38,64 a
CIT x VAL	61,21 b	40,81 a
CIT x BAH	61,30 b	40,87 a
SUN x PER	65,28 a	43,52 a
SUN x NAT	61,13 b	40,75 a
SUN x VAL	60,24 b	40,16 a
SUN x BAH	65,27 a	43,51 a
GOU x PER	55,06 b	36,71 a
GOU x NAT	69,70 a	46,47 a
GOU x VAL	58,91 b	39,28 a
GOU x BAH	64,84 a	43,23 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,01$). PER: Pera; VAL: Valência; NAT: Natal; BAH: Bahia; CRA: Cravo; FLY: Flying Dragon; CLEO: Cleópatra; GOU: Gou Tou; SUN: Sunki; CIT: Citrumelo Swingle.

Tabela 5. PP: Produtividade média por planta (PP) e por área estimada (PE) ao longo dos anos de avaliação (2019 - 2023). Anápolis - GO, 2024.

	2019	2020	2021	2022	2023
PP (Kg)	52,95 B	61,48 A	45,99 C	54,62 B	61,66 A
PE (t/ha)	36,59 B	43,65 A	32,81 C	38,88 B	43,74 A

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,01$).

A eficácia dos porta-enxertos na produtividade das laranjeiras é determinada por diversos fatores, incluindo práticas de manejo destinadas a otimizar o desempenho do pomar. Tais práticas incluem desde a garantia da segurança fitossanitária até o fornecimento adequado de nutrientes e água para as plantas, bem como a escolha meticulosa da combinação entre copa e porta-enxerto (POMPEU JUNIOR, 2005). Em 2023, a produtividade média de laranjas em Goiás foi de 23,25 t/ha (IBGE, 2024). Todas as combinações testadas neste estudo superaram essa média, além disso, à exceção dos tratamentos com o porta-enxerto Flying Dragon, a maioria apresentou produtividade superior à média do estado de São Paulo, de 37,26 t/ha, em 2023 (IBGE, 2024), evidenciando o potencial e a viabilidade da produção de laranjas na região estudada.

A enxertia, amplamente utilizada na propagação dos citros, é crucial para a produtividade e a eficiência do pomar (SOBRINHO et al., 2013). A diversificação dos porta-enxertos, incluindo o uso de variedades ananicas, pode aumentar a eficiência produtiva através do adensamento do plantio, facilitando o manejo e reduzindo custos de colheita (CARLOS, STUCHI & DONADIO, 1997). Portanto, outros porta-enxertos podem ser tão eficazes quanto ou mais que o Limoeiro Cravo, o mais utilizado atualmente nos pomares de citros no Brasil. Para comprovar a eficácia de outros porta-enxertos, é necessário avaliar a produção por períodos superiores a quatro anos (SOARES FILHO, 2015).

A utilização do *Poncirus trifoliata* como porta-enxerto é especialmente bem-sucedida devido à sua tolerância a diversos problemas fitossanitários, que representam prejuízos significativos para a citricultura. Além de sua resistência a várias doenças, ele também promove bom desenvolvimento das copas, resultando em frutos de excelente qualidade (POMPEU JUNIOR, 2005). O Flying Dragon, mesmo não apresentando a maior produtividade, pode ser recomendado devido à facilidade de manejo e à possibilidade de plantios mais densos, o que potencializa a eficiência produtiva (PIMENTEL et al., 2014; BASTOS et al., 2014).

No presente estudo, as plantas enxertadas no porta-enxerto Flying Dragon exibiram características ananicas, apresentando menores valores de altura e diâmetro de copa. O potencial ananico do Flying Dragon já havia sido identificado em estudos anteriores, os quais indicam uma maior possibilidade de adensamento do plantio com este porta-enxerto (MADEMBA-SY et al., 2012; RODRIGUES et al., 2020; COSTA et al., 2021).

Com base nas dimensões da copa, seria possível simular um adensamento de plantio de 4,5 m x 1,5 m (1.481 árvores/ha), aumentando em 2,2 vezes a produtividade das plantas enxertadas no trifoliata Flying Dragon (De Negri et al., 2005). Neste experimento, foi adotado um espaçamento maior para fins de estimativa de produtividade, de 4 m x 2 m (1.250 plantas/ha). Todos os outros porta-enxertos resultaram em produtividades similares de frutos de variedades copa de laranja na região dos Cerrados, proporcionando diversas opções aos produtores dessa fruta. Cada porta-enxerto possui propriedades particulares, permitindo aos produtores a escolha da melhor opção conforme suas necessidades específicas.

4. CONCLUSÕES

A produtividade de frutos de plantas enxertadas das cultivares de laranja Pera, Valência, Natal e Bahia não difere na região Central do Brasil. Os porta-enxertos limão Cravo, Cleópatra, Gou Tou, Sunki e Citrumelo Swingle não diferem entre si na produtividade de plantas das variedades copa de laranja Pera, Valência, Natal e Bahia, na região. Por outro lado, o porta-enxerto Flying Dragon reduz a produtividade de frutos por planta dessas variedades copa e induz nanismo nas plantas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2024: **Anuário da Agricultura Brasileira**. 25.ed. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 416 p. 2024.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: **sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 2015.

BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A.; PASSOS, O. S.; SÁ, J. F. de; ATAÍDE, E. M.; CALGARO, M. **Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 35, n. 281, p. 36-45, jul./ago. 2014.

BLUMER, S.; POMPEU JUNIOR, J. **Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para a laranja “Valência”**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 44, n. 7, p. 701-705, jul. 2009.

CARLOS, E. F.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Porta-enxertos para a citricultura paulista**. Jaboticabal: Funep (Boletim Citrícola n. 1), 47p. 1997.

CLIMA-DATA.ORG. Clima Anápolis. 2024. Disponível em: Clima Anápolis: **Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Anápolis** (climate-data.org) Acesso em: 20 jun. 2024.

COSTA, D. P. RODRIGUES, E., MADEMBA-SY, F. Less Is More: **A Hard Way to Get Potential Dwarfing Hybrid Rootstocks for Valencia Sweet Orange**. Agriculture, v. 11, p. 354, 2021.

CUNHA SOBRINHO, A. P.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S. **Cultivares portaenxerto**. In: CUNHA SOBRINHO, A.P. da; MAGALHÃES, A. F. de J.; SOUZA, A.

da S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S. (Ed.). **Cultura dos citros**. Brasília: Embrapa, 2013. v. 1, p. 233-292.

DE NEGRI, J. D., STUCHI, E. S., BLASCO, E. E. A. **Planejamento e implantação do pomar cítrico**. In: MATTOS JUNIOR, D., NEGRI, J. D., PIO, R.M., POMPEU JUNIOR, J. (Eds.) **Citros**. Campinas: IAC, Fundag, p. 409-427, 2005.

EMATER - Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária: **Estação Experimental de Anápolis**. Jun. 2024.

EMMANOULIDOU, M. G.; KYRIACOU, M. C. **Rootstock-modulated yield performance, fruit maturation and phytochemical quality of ‘Lane Late’ and ‘Delta’ sweet orange**. *Scientia Horticulturae*, v. 225, p. 112–121, nov. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: **Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, 2024.

LIMA, C. F.; MARINHO, C. S.; COSTA, E. S.; ALMEIDA, T. R. V.; AMARAL, C. O. **Qualidade dos frutos e eficiência produtiva da laranjeira ‘Lima’ enxertada sobre ‘Trifoliata’, em cultivo irrigado**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 9, n. 3, p. 401-405, set. 2014.

MADEMBA-SY, F., LEMERRE, D. Z., LEBEGIN, S. **Use of flying dragon trifoliolate orange as dwarfing rootstock for citrus under tropical climatic conditions**. *HortScience*, v. 47, p. 4-12, 2012.

MACHADO, M. A., STUCHI, E. S., POMPEU JUNIOR, J. **Porta-enxertos e a citricultura brasileira**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 27, n. 1, p. 24-30, 2005.

NEGREIROS, J. R. S., POMPEU JUNIOR, J., MACHADO, M. A. **Compatibilidade de enxertia em citros**. *Laranja*, v. 27, n. 1, p. 151-158, 2010.

PIMENTEL, U. V.; MARTINS, A. B. G.; BARBOSA, J. C.; CAVALLARI, L. L. **Nutrição do porta-enxerto ‘Flying Dragon’**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 495-502, 2014.

POMPEU JUNIOR, J. **Porta-enxertos para citros**. *Laranja*, v. 26, n. 2, p. 391-400, 2005.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. **Laranjeiras e seus porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo em 2004-2007**. Revista Laranja, Cordeirópolis, v. 29, n. 1, p. 35-50, 2008.

RODRIGUES, J. D., MOREIRA, A. S., STUCHI, E. S., BASSANEZI, R. B., LARANJEIRA, F. F., GIRARDI, E. A. **Huanglongbing incidence, canopy volume, and sprouting dynamics of ‘Valencia’ sweet orange grafted onto 16 rootstocks**. Tropical Plant Pathology, v. 45, p. 611-619, 2020.

SAMPAIO, A. C., MACHADO, M. A., POMPEU JUNIOR, J. **Desempenho de porta-enxertos em diferentes regiões**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 38, n. 2, p. 369-376, 2016.

ŞEKERLI, L.; TUZCO, Ö. **Fruit quality of ‘Valencia’ Orange trees grafted on Volkameriana and Sour Orange rootstocks grown in two different regions in Northern Cyprus**. Pakistan Journal of Botany, v. 52, n. 5, p. 1803-1808, 2020.

SOARES FILHO, W. S. **Criação e seleção de variedades de citros mediante procedimentos clássicos e biotecnológicos, com ênfase no controle do huanglongbing (HLB) e na tolerância à seca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015.

SOBRINHO, A. P. C. et al. **Cultura dos Citros**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013.

USDA - United States Department of Agriculture. **Citrus: World Markets and Trade**. Jan 2023. Disponível em: <https://www.usda.gov/>. Acesso em: 30 de jan. 2023.

CAPÍTULO III

ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS EM FUNÇÃO DE COMBINAÇÕES DE CULTIVARES COPA E PORTA-ENXERTOS NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

CAP. III - ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRAS EM FUNÇÃO DE COMBINAÇÕES DE CULTIVARES COPA E PORTA-ENXERTOS NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

RESUMO

Um dos aspectos mais afetados pela combinação copa-porta-enxerto está o estado nutricional das plantas. As cultivares copas exibem quantidades variáveis de nutrientes em diferentes porta-enxertos nas mesmas condições ambientais. Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar os teores de macronutrientes e de micronutrientes em folhas de laranjeiras em função de diferentes combinações de cultivares copas e diferentes cultivares porta-enxertos na região de Anápolis-GO. Adotou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 6, correspondentes a: i) 4 cultivares copa (Pera, Bahia, Valência e Natal) e ii) 6 cultivares porta-enxertos (Cravo, Fly Dragon, Cleópatra, Gou Tou, Sunki e Citrumelo Swingle). As folhas foram coletadas de ramos frutíferos, sendo colhidas a 3ª ou 4ª folha a partir do fruto estando este com diâmetro entre 2 e 4 cm. Os resultados das análises foliares mostram os teores totais dos macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), que foram expressos no laboratório em gramas por quilo (g/kg), e dos micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), e zinco (Zn), expressos em miligramas por quilo (mg/kg). A interação das variedades copa e as cultivares porta-enxertos exerceu efeitos significativos para o acúmulo de quase todos os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) (tabelas 2 e 3) exceto para os teores de S e todos os micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B). Na combinação cultivar copa Valência e porta enxerto Flying Dragon registrou-se o maior teor de N na matéria seca foliar. As combinações dos diferentes porta-enxertos com a cultivar copa Valência geralmente proporcionaram maiores resultados de macro e micronutrientes foliares. Nas combinações com o porta-enxerto Flying Dragon, obteve-se os melhores resultados para o macronutriente N e para os micronutrientes Mn, Zn e B.

Palavras-chave: Nutrição, Variedades, Macronutrientes, Micronutrientes, Matéria Seca.

CHAPTER III – NUTRITIONAL STATUS OF SWEET ORANGE TREES AS A FUNCTION OF SCION–ROOTSTOCK COMBINATIONS IN THE CENTRAL REGION OF BRAZIL

ABSTRACT

Among the aspects most influenced by scion–rootstock interaction is the nutritional status of citrus plants. Different scion cultivars exhibit variable nutrient concentrations when grafted onto different rootstocks under the same environmental conditions. In this context, the objective of the present study was to evaluate the leaf macronutrient and micronutrient contents of sweet orange trees as affected by different combinations of scion and rootstock cultivars in the region of Anápolis, Goiás, Brazil. A randomized complete block design was adopted in a 4×6 factorial arrangement, consisting of: (i) four scion cultivars (Pera, Bahia, Valencia, and Natal) and (ii) six rootstock cultivars (Rangpur Lime, Flying Dragon, Cleopatra Mandarin, Gou Tou, Sunki Mandarin, and Swingle Citrumelo). Leaf samples were collected from fruit-bearing branches, corresponding to the 3rd or 4th leaf from the fruit, when fruit diameter ranged between 2 and 4 cm. Laboratory analyses quantified total macronutrient concentrations—nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), and sulfur (S)—expressed in grams per kilogram (g/kg), and micronutrients—boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), and zinc (Zn)—expressed in milligrams per kilogram (mg/kg). The interaction between scion varieties and rootstock cultivars exerted significant effects on the accumulation of all macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) (Tables 2 and 3), except for S, and did not significantly affect any of the micronutrient concentrations (Fe, Mn, Cu, Zn, and B). The combination of the Valencia scion cultivar grafted onto the Flying Dragon rootstock exhibited the highest leaf N content in the dry matter. In general, combinations involving Valencia as the scion cultivar resulted in higher foliar macro- and micronutrient levels. Among rootstocks, Flying Dragon produced the best results for macronutrient N and for the micronutrients Mn, Zn, and B.

Keywords: Nutrition, Varieties, Macronutrients, Micronutrients, Dry Matter.

1. INTRODUÇÃO

Nativa do sul da China a laranja doce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) é uma das culturas frutíferas mais importantes e amplamente cultivadas, com produção global total em torno de 76.410.037 de toneladas em 2022, segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). A produção é liderada por países como Brasil com 16.929.631, Índia com 10.198.000 e China com 7.600.000 (FAO, 2024).

No Brasil o cultivo da laranja está difundido por todos os estados, sendo que o estado de São Paulo com 13.025.994 toneladas se destaca como o maior produtor dessa fruta no país, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). O estado de Goiás com 163.230 toneladas foi o 8º maior produtor de laranja no Brasil (IBGE, 2022) no entanto a produtividade é muito baixa ainda no Estado, isso se deve a diversos fatores, como a escolha de uma adequada cultivar copa e porta-enxerto.

A citricultura nacional utiliza predominantemente cultivares de laranja Pera e Valência sobre cultivares porta-enxertos Cravo e Citrumelo Swingle (Buffon et al., 2021), no estado de Goiás essa situação não é diferente. Para Carvalho et al. (2019) a diversificação das combinações cultivar copa e cultivar porta-enxerto pode contribuir para aumentar a produtividade e a qualidade dos frutos e prolongar a época de colheita. Assim estudos que possam caracterizar com precisão as diferentes combinações de copa e porta-enxerto são essenciais, buscando aqueles que apresentam características superiores para a região e sua abrangência. Segundo Oliveira et al., (2020) os efeitos do porta-enxerto dependem fortemente da interação porta-enxerto e cultivar copa.

Entre os aspectos mais afetados pela combinação copa-porta-enxerto está o estado nutricional das plantas. Segundo Khankahdani et al., (2019) distintos genótipos têm diferentes níveis de eficiência para absorver nutrientes. Assim, diferentes cultivares copas exibem quantidades variáveis de nutrientes em diferentes porta-enxertos nas mesmas condições ambientais. Segundo Rameeh et al., (2019) os porta-enxertos cítricos diferem em seu grau de compatibilidade e adaptabilidade a uma cultivar enxertada sob um conjunto de condições climáticas e de solo. Kviklys et al., (2017) relatam que o conteúdo mineral foliar está relacionada à morfologia radicular específica de cada porta-enxerto.

Os teores totais obtidos com a análise foliar não dependem unicamente da disponibilidade do nutriente no solo, pois estão sujeitos a influências de vários outros fatores (Santana et al, 2007). Assim, torna-se necessário a realização de pesquisas com intuito de

identificar o comportamento nutricional de laranjas em função das sinergias entre variedades e o porta-enxertos, nas condições edafoclimáticas do Cerrado Brasileiro.

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar os teores de macronutrientes e micronutrientes em folhas de laranjeiras em função de diferentes combinações de cultivares copas e diferentes cultivares porta-enxertos na região central do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2021, em pomar experimental de laranja, no município de Anápolis – GO localizado no Centro-Oeste brasileiro, na Estação Experimental de Anápolis-GO. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw, que caracteriza essa região como tropical, com inverno seco e verão chuvoso. Os dados referentes às variáveis climáticas, (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação), durante a execução do experimento encontram-se na figura 3. Os dados foram obtidos da estação meteorológica da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (Emater) em Anápolis-GO.

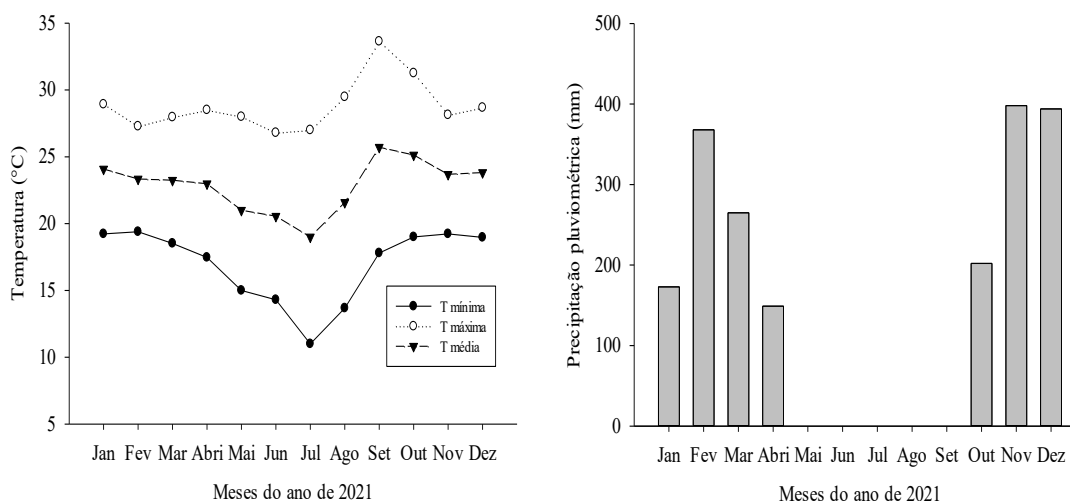


Figura 3 – Temperatura mínima, máxima e média do ar (A) e precipitação pluviométrica (C) durante a execução do experimento.

A implantação do pomar ocorreu em 2013, em espaçamento de 7 metros entre linhas e 4 metros entre plantas na linha de cultivo. Para o preparo do solo, na ocasião do plantio foi realizada a coleta e análise do solo para, dessa maneira se obter informações necessárias para a realização de práticas de correção de solo e adubação. No início das avaliações foram coletadas

amostras de solo nas áreas de cada tratamento. As características químicas do solo da área experimental encontram-se na tabela 6.

Tabela 6 - Características químicas durante a execução do experimento na profundidade de 0 - 20 cm. Anápolis-GO, 2025.

Variável	Solo 0 a 20 cm
pH	4,45
$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	
Ca ²⁺	10,48
Mg ²⁺	5,47
Al ³⁺	4,01
H+Al ³⁺	51,52
K ⁺	1,92
CTC	69,39
mg dm^{-3}	
P	28,19
S	84,34
Fe	22,76
B	0,32
Cu	3,53
Zn	3,20
Mn	8,11
%	
V	26,06
M.O	28,39

Adotou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 6, correspondentes a: i) 4 cultivares copa (Pera, Bahia, Valência e Natal) e ii) 6 cultivares porta-enxertos (Cravo, Fly Dragon, Cleópatra, Gou Tou, Sunki e Citrumelo Swingle) com 3 repetições e três plantas por parcela experimental, totalizando 216 plantas avaliadas.

As adubações de cobertura foram iguais para todos os tratamentos, estas foram realizadas seguindo recomendações da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral-SP). Sendo que o quantitativo utilizado foi parcelado em 3 vezes: 20% da dose recomendada em outubro de 2020, 50% em dezembro de 2020 e os demais 30% em fevereiro de 2021.

Foi realizada irrigação no período não chuvoso do ano. As irrigações foram iniciadas 60 dias após última precipitação acima de 20 mm. Foram irrigadas por microaspersão, fornecendo por planta equivalente a 50 litros por dia. As irrigações foram interrompidas em outubro.

As amostragens de folhas foram realizadas de março a abril de 2021, sendo retiradas 16 folhas de cada planta, na altura mediana da planta, sendo 4 folhas em cada quadrante desta.

Sendo que em cada tratamento foram coletadas um total de 80 folhas por repetições, as quais foram juntadas e assim obtendo uma amostra composta. As folhas foram coletadas de ramos frutíferos, sendo colhidas a 3ª ou 4ª folha a partir do fruto estando este com diâmetro entre 2 e 4 cm (MALAVOLTA et al., 1997; MATTOS JÚNIOR et al., 2001).

Após a coleta das folhas, estas foram embaladas em sacos de papel e transportadas para o laboratório de fruticultura da Universidade de Brasília-UnB, onde foram lavadas em água corrente e, posteriormente, em água destilada, sendo em seguida colocadas para secar a sombra sobre papel poroso. Posteriormente foram colocadas em estufa com ventilação forçada a 65°C, por 72 horas. Após, as amostras foram armazenadas em sacos de papel, sendo depois recobertos por sacos plásticos. Estas amostras foram então enviadas para o laboratório onde foram realizadas às análises foliares.

Os teores foliares foram determinados segundo metodologia descrita por Bataglia et al., (1983). Os resultados das análises foliares mostram os teores totais dos macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), que foram expressos no laboratório em gramas por quilo (g/kg), e dos micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), e zinco (Zn), expressos em miligramas por quilo (mg/kg).

Os resultados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos entre as diferentes cultivares copa doses e as diferentes cultivares porta-enxertos pelo Teste “F” e pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para comparação das médias das diferentes cultivares copa e porta-enxertos. Para isso utilizou-se o programa estatístico Sisvar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação das variedades copa e as cultivares porta-enxertos exerceu efeitos significativos para o acúmulo de quase todos os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) (tabelas 7 e 8) exceto para os teores de S e todos os micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B) (tabelas 9 e 10) em folhas de laranjeiras ao nível de 5% de probabilidade, situação que evidencia interdependência entre os fatores estudados.

Observou-se que não houve influência significativa nos teores de N foliar (Tabela 7A) da cultivar copa Pera em nenhum dos porta enxertos estudado. Já para as demais cultivares os melhores resultados foram obtidos com o emprego do porta enxerto Flying Dragon. Na

combinação cultivar copa Valência e porta enxerto Flying Dragon registrou-se 29,29 g kg⁻¹ de N foliar, sendo este o maior teor de N na matéria seca foliar registrado no presente trabalho.

As plantas cultivadas sobre o porta-enxerto Flying Dragon apresentaram maiores resultados para o N foliar independentemente da cultivar copa avaliada. Sendo que esses teores de N tiveram uma variação de 27,1 g kg⁻¹ na combinação Flying Dragon e cv. Pera a 29,29 g kg⁻¹ na associação Flying Dragon e cv. Valencia. Resultados esses acima da faixa de 23-27 g kg⁻¹ de N em folhas de laranjas descrita como ideal por Quaggio et al., (1997).

Tabela 7 - Nitrogênio foliar (N), Fósforo foliar (P) e Potássio foliar (K) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.

Copas	Porta-enxerto					
	(A) N foliar (g kg ⁻¹)					
	GOU	CRA	SUN	CLE	CIT	FLY
BAH	22,4 Ab	22,6 ABb	22,8 Ab	24,1 Aab	25,2 Aab	29,0 Aa
NAT	21,7 Abc	20,4 Bc	23,2 Abc	22,6 Abc	25,7 Aab	27,6Aa
PER	26,0 Aa	27,3 Aa	23,0 Aa	26,4 Aa	24,6 Aa	27,1Aa
VAL	23,4 Aab	25,7 Aab	25,2 Aab	21,5 Ab	26,5 Aab	29,29Aa
	(B) P foliar (g kg ⁻¹)					
BAH	0,9 Aa	0,9 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa	1,1 Aa	1,0 Aa
NAT	0,9 Ab	1,0 Aab	1,0 Aab	1,0 Aab	1,0 Aab	1,1 Aa
PER	1,0 Aa	1,1 Aa	1,1 Aa	1,1 Aa	1,0 Aa	1,1 Aa
VAL	1,0 Aab	1,1 Aab	1,0 Aab	0,9 Ab	1,2 Aa	1,1 Aab
	(C) K foliar (g kg ⁻¹)					
BAH	11,9 Ab	12,4 Aab	10,9 BCab	10,9 Ab	15,4 Aa	11,3 Ab
NAT	11,8 Aa	13,4 Aa	14,9 Aa	12,5 Aa	11,7 Ba	12,0 Aa
PER	12,3 Aa	13,2 Aa	13,7 ABa	10,5 Aa	13,6 ABa	10,2 Aa
VAL	11,6 Aa	13,1 Aa	10,4 Ca	9,8 Aa	12,1 Ba	10,7 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A concentração de nitrogênio (N) das árvores enxertadas em porta-enxertos anões foi maior do que a de porta-enxertos vigorosos. Para Kviklys et al., (2017) a influência dos porta-

enxertos sobre o conteúdo mineral foliar está relacionada à capacidade de absorção mineral dos porta-enxertos devido à sua morfologia radicular específica. Segundo Khankahdani et al., (2019) distintos genótipos têm diferentes níveis de eficiência para absorver nutrientes. Essas diferenças se devem à discrepância na absorção do nutriente do solo e na transferência de íons da membrana para a célula (Khankahdani et al. 2019).

Quanto ao fósforo, os teores foliares em função das diferentes cultivares copas nos diferentes porta-enxertos (Tabela 7B), variaram de 0,9 a 1,2 g kg⁻¹. Deve se ressaltar que apenas os 1,2 g kg⁻¹ de P foliar, registrados na cultivar Valência sob o porta-enxerto *Citrumelo Swingle*, está na faixa de 1,2-1,6 g kg⁻¹ admitida como suficiente para uma nutrição adequada de fósforo para a cultura da laranja (Quaggio et al. 1997), os demais resultados são inferiores a essa faixa independentemente de a combinação cultivar copa e porta-enxerto utilizada. Resultados que evidenciam que as plantas não estavam com insuficiência desse elemento, o que pode acarretar baixas produtividades em decorrência das funções vitais que apresenta, segundo Tu et al., (2028) o P é importante para o crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas, pois é um constituinte essencial de fosfolípidios, ácido nucleico e muitas proteínas.

Analisando os resultados obtidos para o P foliar, percebe-se que nenhum dos porta-enxertos influenciaram significativamente no acúmulo do nutriente nas cultivares copa Bahia e Pera, no entanto, influenciaram na acumulação de P em folhas das cultivares Natal e Valência (Tabela 7B). Sendo que para cultivar Natal, o melhor resultado foi na combinação com o porta-enxerto Flying Dragon e o pior no porta-enxerto Gou Tou. Já na cultivar Valência o maior e o menor resultados foram respectivamente sob os porta-enxertos *Citrumelo Swingle* e Cleópatra.

Foram observadas diferenças significativas na concentração foliar de potássio nas plantas da cultivar Bahia nos diferentes porta-enxertos avaliados (Tabela 7C). Esses resultados estão de acordo com os de Grace et al., (2012) em laranja doce. Possivelmente essas variações no teor foliar de K em função dos diferentes porta-enxertos, podem ser devidas à capacidade de absorção das raízes e/ou variações na incorporação de íons K no xilema e sua translocação da raiz para a parte aérea (Mpelasoka et al., 2003). Essas informações podem contribuir para a escolha do porta-enxerto e aumento da produtividade, pois, segundo Grace et al., (2012) o potássio é um dos nutrientes mais importantes que afetam a translocação de carboidratos e regulam as relações planta-água.

Os teores foliares de K (Tabela 7C) variaram de 9,8 g kg⁻¹, observados na combinação “Valência”/Cleópatra, a 15,4 g kg⁻¹, registrados em Bahia/Citrumelo Swingle. Esses valores correspondem, respectivamente, a teores ligeiramente inferiores e superiores à faixa de 10 a 15

g kg⁻¹ considerada adequada para plantas de laranjeira quanto a esse macronutriente, conforme descrito por Quaggio et al. (1997).

Em relação ao cálcio, os teores foliares na matéria seca das plantas de laranja (Tabela 8A), observou-se que apenas no porta-enxerto Gou Tou houve diferença no acúmulo de Ca foliar entre as cultivares dentro de um mesmo porta-enxerto. Sendo que para a combinação desse porta-enxerto com a cultivar Valência obteve-se 37,9 g kg⁻¹ valor 39,33% superior aos 27,2 g kg⁻¹ registrado na combinação com a cv. Natal.

Os teores de Ca foliares apresentaram valores médios na faixa de 22,8 a 37,9 g kg⁻¹. Deve-se ressaltar que somente 37,9 g kg⁻¹ de Ca foliar está congruente à faixa considerada como ideal de 35 a 45 g kg⁻¹ por Quaggio et al., (1997) em folhas de laranjas. Sendo que em todas as demais combinações de copa e porta-enxerto avaliadas, percebeu-se que os níveis de Ca foliar estão insuficientes. Os resultados também estão de acordo com os de Santana et al., (2007) que estudando o estado nutricional da laranja Pêra na região central do estado de Goiás, observaram deficiência de Ca foliar, segundo esses mesmos autores a deficiência de cálcio é comum em solos de cerrados.

Tabela 8 - Cálcio foliar (Ca) e Magnésio foliar (Mg) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.

Copas	Porta-enxerto					
	(A) Ca foliar (g kg ⁻¹)					
	GOU	CRA	SUN	CLE	CIT	FLY
BAH	34,4 Aab	29,0 Aab	34,1 Aa	32,7 Aa	23,1 Ab	27,2 Aab
NAT	27,2 Ca	26,0 Aa	31,8 Aa	30,5 Aa	29,4 Aa	25,4 Aa
PER	28,8 BCabc	24,1 Abc	31,8 Aa	30,5 Aab	25,3 Aabc	22,8 Ac
VAL	37,9 Aa	29,6 Ab	33,4 Aab	31,9 Aab	28,7 Ab	26,5 Ab
	(B) Mg foliar (g kg ⁻¹)					
BAH	3,7 Aab	3,9 Aab	4,6 Aa	3,9 Aa	3,3 Ab	3,5 Aab
NAT	3,3 Aa	3,3 Aba	4,0 Aa	4,0 Aa	3,7 Aa	4,0 Aa
PER	3,0 Abc	2,7 Bc	3,9 Aab	4,1 Aa	3,4 Aabc	3,8 Aab
VAL	3,6 Aab	2,9 Bb	4,2 Aa	3,9 Aab	3,6 Aab	4,0 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os teores foliares de magnésio na matéria seca das plantas de laranjas, (Tabela 8B), apresentaram diferença nos resultados encontrados entre as cultivares dentro de um mesmo porta-enxerto, apenas, para o porta-enxerto limão Cravo. Já os diferentes porta-enxertos influenciaram na acumulação de Mg nas cultivares Bahia, Pera e Valência. Resultados que corroboram com os de os Sharma et al., (2016) que relataram a influência de diferentes porta-enxertos na absorção de Mg em cultivares copas de toranja e com os de Toplu et al. (2012) em estudos com tangerinas em diversos porta-enxertos.

Os teores foliares de Fe na matéria seca das plantas de laranja variaram de 71,3 a 119,3 mg kg⁻¹ (Tabela 9A). Essa amplitude registrada está na faixa de 50 a 120 mg kg⁻¹ descrita por Mattos Junior et al. (2009) como ideal para o teor de ferro em folhas de citrus. Essa conjuntura, possivelmente, pode ser explicada devido os solos do Cerrado terem uma grande quantidade de óxidos e hidróxidos de Fe que, quando submetidos a um pH baixo (4,5 no presente trabalho, vide tabela 6), ocorre um aumento da disponibilidade desse nutriente às plantas (FAQUIN, 2005).

O melhor resultado para o ferro foliar no presente trabalho está abaixo dos 172 mg kg⁻¹ obtidos por Silveira et al. (2022) que analisaram o estado nutricional da laranjeira 'Pêra' em função da disponibilidade de água no solo e de diferentes porta-enxertos. No entanto deve-se ressaltar que para os teores foliares de ferro só houve efeito da interação porta-enxerto e cultivar copa, apenas no porta-enxerto limão cravo, sendo que nas combinações cravo e cultivar Bahia e cravo e cultivar Pera registrou-se respectivamente os piores e melhores resultados (Tabela 9A).

Tabela 9 - Ferro foliar (Fe), Manganês foliar (Mn) e Cobre foliar (Cu) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.

Copas	Porta-enxerto					
	(A) Fe foliar (mg kg ⁻¹)					
	GOU	CRA	SUN	CLE	CIT	FLY
BAH	99,1 Aa	71,3 Ba	99,1 Aa	78,37 Aa	119,3 Aa	87,4 Aa
NAT	86,4 Aa	80,6 ABa	88,5 Aa	91,1 Aa	106,6 Aa	98,4 Aa
PER	102,8 Aa	116,2 Aa	105,4Aa	84,8 Aa	115,4 Aa	81,9 Aa
VAL	97,7 Aa	80,2 ABa	92,1 Aa	96,7 Aa	106,3 Aa	88,5 Aa
	(B) Mn foliar (mg kg ⁻¹)					
BAH	29,9 Ac	42,2 Bbc	40,4 Abc	40,5 Abc	47,8 Ab	66,3 Aa

NAT	25,26 Ab	37,4 Bab	37,4 Aab	41,1 Aab	38,6 Aab	51,0 Ba
PER	32,2 Ab	50,3 ABa	42,5 Ab	37,1 Ab	48,4 Aab	64,7 ABa
VAL	32,6 Ab	61,7 Aa	44,0 Aab	41,6 Aab	42,8 Aab	54,5 ABa
	(C)		Cu foliar (mg kg⁻¹)			
BAH	16,6 Aa	13,6 Aa	15,2 ABa	11,6 Aa	18,3 Aa	14,0 Aa
NAT	16,1 Aab	12,6 Aab	24,1 Aa	15,0 Aab	11,7 Ab	15,8 Aab
PER	13,0 Aa	14,8 Aa	13,8 Ba	14,4 Aa	13,3 Aa	15,7 Aa
VAL	18,9 Aa	14,3 Aa	15,2 ABa	18,3 Aa	12,8 Aa	12,3 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os maiores acúmulo de Mn na matéria seca foliar nas cultivares copas Bahia, Pera, Valência e Natal (66,3; 64,7; 54,5 e 51,0 g kg⁻¹ respectivamente) foram alcançados na interação com o porta-enxerto Flying Dragon (Tabela 9B). Todos esses resultados estão acima dos 35 a 50 g kg⁻¹ de Mn no tecido foliar de laranja descrita com faixa ideal por Quaggio *et al.* (2005).

Sabe-se, que a resposta sobre o excesso de Mn varia amplamente entre as espécies de plantas, com folhas cloróticas e manchas necróticas como os sintomas mais comuns (Millaleo et al., 2010). No entanto, não foi percebido esses sintomas nas folhas das cultivares copa sobre o porta-enxerto Flying Dragon. As concentrações tóxicas de Mn são altamente dependentes das espécies de plantas e genótipos (Husted et al., 2009; Broadley et al., 2012). No nível molecular, o excesso de Mn pode impedir a captação e translocação de outros elementos essenciais, como Ca, Mg, Fe e P (Blamey et al., 2015; Lešková et al., 2017).

O armazenamento do excesso de Mn nos brotos das plantas é de interesse mais amplo porque, ao contrário de outros nutrientes essenciais, seu acúmulo e tolerância a concentrações que excedem os requisitos fisiológicos "normais" não são incomuns, nem isso é claramente entendido em termos fisiológicos (Marschner 2002).

Os teores foliares de cobre na massa seca da parte aérea das plantas de laranjeiras (Tabela 9C) apresentaram valores médios situados de 12,3 a 24,1 mg kg⁻¹, respectivamente nos tratamentos VAL x FLY e NAT x SUN. Os valores médios registrados, independentemente da combinação cultivar copa e porta-enxerto, são superiores a faixa de 5-10 mg kg⁻¹ consideradas por Quaggio *et al.* (2005) como adequadas à cultura. Esses resultados podem estarem acima da concentração ideal, devido ao uso de fungicidas e inseticidas, que possuem cobre nas suas composições, utilizados para o controle de pragas e doenças durante o ciclo produtivo.

Na combinação porta-enxerto Flying Dragon e laranja Bahia foi observada maior acumulação de Zn foliar (18,6 mg kg⁻¹). Já na concordata porta-enxerto Gou Tou e laranja Natal observou menor ajuntamento desse nutriente (12,6 mg kg⁻¹) (Tabela 10A). Demonstrando que até os melhores índices foliares de Zn observados estão abaixo dos 25 a 50 g kg⁻¹ relatados como ideal por Quaggio *et al.* (2005), ou seja, as plantas estavam deficitárias nesse nutriente. Santana *et al.*, (2007) estudando o estado nutricional de laranja Pêra em solo do Cerrado brasileiro apontam o Zn como o nutriente mais limitante à produção.

Tabela 10 - Zinco foliar (Zn) e Boro foliar (B) em plantas de laranjeiras em função de diferentes cultivares copas e porta-enxerto. Anápolis-GO, 2025.

Copas	Porta-enxerto					
	(A) Zn foliar (mg kg ⁻¹)					
	GOU	CRA	SUN	CLE	CIT	FLY
BAH	13,4 Ab	15,1 Aab	14,5 Ab	15,7 Aab	16,2 Bab	18,6 Aa
NAT	12,6 Aa	13,9 Aa	14,0 Aa	15,1 Aa	15,4 Aa	14,7 Ba
PER	14,7 Aa	17,3 Aa	15,1 Aa	15,3 Aa	15,2 Aa	17,7 ABa
VAL	14,7 Aa	17,5 Aa	15,6 Aa	15,0 Aa	16,1 Aa	17,7 ABa
(B) B foliar (mg kg ⁻¹)						
BAH	55,2 Abc	58,3 Abc	48,4 Ac	78,3 Ab	71,6 Ab	103,0 Ba
NAT	50,6 Ac	63,9 Abc	47,2 Ac	69,3 Abc	74,1 Ab	124,2 ABa
PER	52,6 Abc	58,9 Abc	42,5 Ac	61,5 Abc	66,1 Ab	130,8 Aa
VAL	50,1 Ac	61,5 Abc	55,0 Abc	73,0 Abc	74,0 Ab	132,8 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto aos teores foliares de Boro (B) na matéria seca das plantas de laranja (Tabela 10B), observou-se que independentemente da cultivar copa avaliada, os melhores resultados foram no porta-enxerto Flying Dragon (FLY) e os menores no porta-enxerto Sunki, esses resultados sugerem que diferentes porta-enxertos afetam o acúmulo de B nas folhas. Nesse contexto, Gimeno *et al.*, (2012) observaram que a concentração de B nas folhas de limão foi dependente do porta-enxerto utilizado, onde a concentração de B foi menor nas plantas que foram enxertadas no porta-enxerto laranja azeda e maior nas plantas que foram enxertadas no porta-enxerto Citrange Carrizo. Para Yang *et al.*, (2023) a seleção de porta-enxertos deve ser

orientada com base nas condições locais do solo, e a aplicação de B deve ser limitada com base no tipo de porta-enxerto em uso.

A amplitude dos teores foliares de boro entre as cultivares copa sobre o porta-enxerto FLY foi de 103,0 a 132,8 mg kg⁻¹, resultados acima da faixa de suficiência do teor de boro propostas por Malavolta et al. (1997) de 36- 100 mg kg⁻¹ e por Mattos Junior et al. (2009) de 50-100 mg kg⁻¹. Resultados que devem ser analisados com muita atenção, pois, segundo Yang et al., (2023) níveis excessivamente altos de B podem ter efeitos tóxicos na fisiologia vegetal, impactando negativamente o fotossistema II de plantas de citrus.

4. CONCLUSÕES

Na combinação cultivar copa Valência e porta enxerto Flying Dragon registrou-se o maior teor de N na matéria seca foliar.

As combinações dos diferentes porta-enxertos com a cultivar copa Valência geralmente proporcionaram maiores resultados de macro e micronutrientes foliares.

Nas combinações com o porta-enxerto Flying Dragon, obteve-se os melhores resultados para o macronutriente N e para os micronutrientes Mn, Zn e B.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAMEY, F. P. C., HERNANDEZ-SORIANO, M., CHENG, M., TANG, C., PATERSON, D., LOMBI, E., et al. **Synchrotron-based techniques shed light on plant sensitivity and tolerance to high manganese in the root environment.** *Plant Physiol.* 1692006–2020, doi: 10.1104/pp.15.00726. 2015.

BROADLEY, M., BROWN, P., CAKMAK, I., RENGEL, Z., AND ZHAO, F. (2012). **“Function of nutrients: micronutrients,”** in **Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants**, 3rd Edn, ed. P. Marschner (Oxford: Elsevier), 191–249. 2012.

BUFFON, S. B., ZUCOLOTO, M., PASSOS, O. S., BARBOSA, D. H. S. G., ALTOÉ, M. S., & MORAIS, A. L. D. **Initial production and fruit quality of fifty-seven sweet orange varieties on four rootstocks in Southern state of Bahia.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 43, p. e-765, 2021.

CARVALHO, L. M., CARVALHO, H. W., BARROS, I., MARTINS, C. R., SOARES FILHO, W. D. S., GIRARDI, E. A., & PASSOS, O. S. **New scion-rootstock combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils.** *Scientia horticultrae*, v. 243, p. 169-176, 2019.

DUBEY, A. K., & SHARMA, R. M. **Efeito de porta-enxertos sobre o crescimento, produtividade, qualidade e composição mineral foliar do limão (Citrus limon (L.) Burm.).** *Scientia horticultrae*, 200, 131-136. 2016.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** <http://faostat.fao.org/>. 2022. Acesso em: 16 nov. 2024. 2022.

GIMENO, V., SIMÓN, I., NIEVES, M., MARTÍNEZ, V., CÁMARA-ZAPATA, J. M., GARCÍA, A. L. e GARCÍA-SÁNCHEZ, F. **The physiological and nutritional responses to an excess of boron by Verna lemon trees that were grafted on four contrasting rootstocks.** *Trees*, 26, 1513–1526, 2012.

GRACE, J. K., SHARMA, K. L., SESHADRI, K. V., RANGANAYAKULU, C., SUBRAMANYAM, K. V., RAJ, G. B., e MADHAVI, M. **Evaluation of sweet orange (Citrus sinensis L. Osbeck) cv. Sathgudi budded on five rootstocks for differential behavior in relation to nutrient utilization in Alfisol.** *Communications in soil science and plant analysis*, 43(7), 985-1014. 2012

HUSTED, S., LAURSEN, K. H., HEBBERN, C. A., SCHMIDT, S. B., PEDAS, P., HALDRUP, A., et al. (2009). **Manganese deficiency leads to genotype-specific changes in fluorescence induction kinetics and state transitions.** *Plant Physiol.* 150, 825–833. doi: 10.1104/pp.108.134601.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal.** 2022. Disponível em: Acesso em: 28 dez. 2024.

KHANKAHDANI, H. H.; RASTEGAR, S.; GOLEIN, B.; GOLMOHAMMADI, M. e JAHROMI, A. A. **Efeito do porta-enxerto sobre o crescimento vegetativo e elementos**

minerais em copa de diferentes genótipos de limoeiro (Citrus latifolia Tanaka). Scientia horticulturae, 246, 136-145, 2019.

KVIKLYS, D.; LANAUSKAS, J.; USELIS, N.; VIŠKELIS, J E VIŠKELIENĖ A. **Root stock vigour and leaf colour affect apple tree nutrition.** Zemdirbyste-Agriculture 104:185–90. 2017.

LEŠKOVÁ, A., GIEHL, R. F. H., HARTMANN, A., FARGAŠOVÁ, A., AND VON WIRÉN, N. **Heavy metals induce iron deficiency responses at different hierarchic and regulatory levels.** Plant Physiol. 174, 1648–1668. doi: 10.1104/pp.16.01916. 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações.** 2ª. ed. Piracicaba: POTAFOS, p.319, 1997.

MATTOS JUNIOR, D. et al. **Calagem e Adubação dos citros. Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 22, n. 209, p. 39-46, 2001.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R. M. **Citros: manejo da fertilidade do solo para alta produtividade.** Informações Agronômicas, n. 128, p. 5-12, 2009.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R.M. **Citros: manejo da fertilidade do solo para alta produtividade.** Informações Agronômicas, n.128, p.5-12, 2009.

MILLALEO, R., REYES-DIAZ, M., IVANOV, A. G., MORA, M. L., AND ALBERDI, M. **Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms.** J. Soil Sci. Plant Nutr. 10, 470–481. doi: 10.4067/ s0718-95162010000200008. 2010.

MPELASOKA, B. S., SCHACHTMAN, D. P., TREEBY, M. T., e THOMAS, M. R.. **A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation.** Australian Journal of grape and wine research, 9(3), 154-168. 2003.

OLIVEIRA, J.; BERMEJO, A.; OLIVEIRA, P.; SALVADOR, A. **Rootstock Effect on Physico-Chemical and Nutritional Quality of Mandarin ‘Clemenules’ during the Harvest Season.** *Agronomia*, 10, 1350. 2020.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. **Manejo da fertilidade do solo na citricultura.** In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). *Citros*. Campinas, Sp: Instituto Agronômico. p.483-517. 2005.

RAMEEH, V.; RAMZANPOUR, M.R.; MATANI, R. **Effects of citrus rootstocks on some plant nutrient elements absorption of Grafted cultivars.** *Cercetări Agronomice în Moldova* Vol. LII , No. 4 (180): 379-387. 2019.

SANTANA, J., G.; LEANDRO, W. M.; NAVES, R. V.; CUNHA, P. P. e ROCHA, A. C. **Estado Nutricional da laranja pêra na região central do estado do Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo.** *Bioscience Journal*, 23(4), 2007.

SHARMA, R. M., DUBEY, A. K., AWASTHI, O. P., & KAUR, C. **Crescimento, rendimento, qualidade dos frutos e estado nutricional foliar da toranja (Citrus paradisi Macf.): Variação dos porta-enxertos.** *Scientia Horticulturae*, 210, 41-48. 2016.

SILVEIRA, S. F. G. F.; SOUZA JÚNIOR, J. O.; SOUZA, L. S.; BRITO, A. S.; PAIVA, A. Q.; PEREIRA, B. L. S.; SANTOS, E. B.; SILVA, E. F.; LIMA, J. C. **Fruit quality and nutritional analysis in ‘Pêra’ orange as affected by soil available water and diferent rootstocks.** *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 19, 7387–7398. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03658>. 2022.

TOPLU, C., UYGUR, V., KAPLANKIRAN, M., DEMIRKESER, T. H., & YILDIZ, E. **Efeito de porta-enxertos cítricos na composição mineral foliar das cultivares de tangerina ‘Okitsu’, ‘Clausellina’ e ‘Silverhill’.** *Jornal de nutrição vegetal*, 35(9), 1329-1340. 2012.

TU, P. F.; DENG, L. S.; LI, J.; ZHANG, C. L.; ELE, S. X.; CHEN, J. Z. E JI, J. H. **Efeito do fósforo sobre o acúmulo de N, P, K, Mg e o crescimento de diferentes porta-enxertos cítricos.** *Ecologia Aplicada e Pesquisa Ambiental*, 16(1), 819-836, 2018.

YANG, W., YANG, H., LING, L., CHUN, C., & PENG, L. Tolerance and Physiological Responses of Citrus Rootstock Cultivars to Boron Toxicity. Horticulturae, 9.1: 44. 2023.

CAPÍTULO VI

ECOFISIOLOGIA DE LARANJA CV. PERA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS

CAP. VI - ECOFISIOLOGIA DE LARANJA CV. PERA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS

RESUMO

A escolha do porta-enxerto é um dos aspectos mais importantes no manejo do pomar. As estruturas fisiológicas das cultivares copas são controladas pelos porta-enxertos. Diante do exposto, objetivou-se avaliar atributos fisiológicos, de plantas de laranja cv. Pera, em função de diferentes porta-enxertos na região de Anápolis-GO. O experimento foi conduzido no ano de 2021, em pomar experimental de laranja, no município de Anápolis – GO localizado no Centro-Oeste brasileiro. Adotou-se delineamento em blocos casualizados (DBC), com 6 tratamentos (cultivar copa - laranja Pera sob seis porta-enxertos): i) laranja cv. Pera /Cravo; ii) laranja cv. Pera /*Fly Dragon*; iii) laranja cv. Pera /Cleópatra; iv) laranja cv. Pera /Gou Tou; v) laranja cv. Pera /Sunki e vi) laranja cv. Pera /*Citrumelo Swingle*. As análises das trocas gasosas, foram obtidas pelas seguintes variáveis: taxa de fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s), déficit de pressão de vapor (DPV) e eficiência instantânea no uso da água (EUA). Também foi realizada análise de fluorescência da clorofila-a: o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) e o índice de desempenho fotossintético (PI), além do índice SPAD. Os porta-enxertos influenciaram significativamente todas as variáveis de trocas gasosas e as variáveis fluorescência estudadas, no entanto é preciso mais estudos para identificar como cada porta-enxerto influencia esses processos fisiológicos na cultivar copa de laranja Pera nas condições de clima e solo do Cerrado Brasileiro. As variáveis, taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, e eficiência instantânea no uso da água foram maiores no período das 9 horas da manhã, já o déficit de pressão de vapor (DPV) foi maior às 13 horas da tarde. O porta-enxerto ananicante FLY influenciou o comportamento fisiológico da cultivar copa Pera e proporcionou uma maior eficiência instantânea no uso da água em comparação aos demais.

Palavras-chave: Transpiração, Fluorescência, Fotossíntese, Trocas Gasosas, Porta-Enxertos.

CHAPTER VI - ECOPHYSIOLOGY OF 'PERA' SWEET ORANGE AS AFFECTED BY DIFFERENT ROOTSTOCKS

ABSTRACT

Rootstock selection is one of the most critical aspects of orchard management, as the physiological functioning of scion cultivars is strongly influenced by the rootstock to which they are grafted. In this context, the objective of this study was to evaluate physiological attributes of 'Pera' sweet orange trees grafted onto different rootstocks in the region of Anápolis, Goiás, Brazil. The experiment was carried out in 2021 in an experimental sweet orange orchard located in Anápolis, in the Central-West region of Brazil. A randomized complete block design (RCBD) was adopted, with six treatments consisting of the 'Pera' scion grafted onto six rootstocks: (i) Rangpur Lime; (ii) Flying Dragon; (iii) Cleopatra Mandarin; (iv) Gou Tou; (v) Sunki Mandarin; and (vi) Swingle Citrumelo. Gas exchange measurements were obtained for the following variables: net photosynthetic rate (A), transpiration (E), stomatal conductance (gs), vapor pressure deficit (VPD), and instantaneous water use efficiency (WUE). Chlorophyll a fluorescence parameters were also evaluated, including maximum quantum yield of PSII (Fv/Fm), photosynthetic performance index (PI), and the SPAD chlorophyll index. The rootstocks exerted significant effects on all gas exchange variables and on the fluorescence parameters evaluated; however, further research is required to elucidate how each rootstock modulates these physiological processes in the 'Pera' scion under the climatic and edaphic conditions of the Brazilian Cerrado. Net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration, and instantaneous WUE exhibited higher values at 9:00 a.m., whereas vapor pressure deficit (VPD) peaked at 1:00 p.m. The dwarfing rootstock Flying Dragon notably influenced the physiological behavior of the 'Pera' scion, promoting greater instantaneous water use efficiency compared with the other rootstocks.

Keywords: Transpiration, Fluorescence, Photosynthesis, Gas Exchange, Rootstocks.

1. INTRODUÇÃO

As frutas cítricas têm sido parte integrante da história humana. Entre os citros, destaca-se a laranja doce (*Citrus sinensis* L.), gozando de imensa popularidade em todo o mundo. A produção mundial de laranja doce em 2022 foi de aproximadamente 76.410.037 de toneladas, liderada por países como Brasil com 16.929.631, Índia com 10.198.000 e China com 7.600.000 (FAO, 2024).

No Brasil o cultivo da laranja está difundido por todos os estados, sendo que o estado de São Paulo o maior produtor dessa fruta no país, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). O estado de Goiás com 163.230 toneladas foi o 8º maior produtor de laranja no Brasil (IBGE, 2022) no entanto a produtividade é muito baixa ainda no Estado, isso se deve a diversos fatores, como a escolha de um porta-enxerto adequado.

A escolha do porta-enxerto é um dos aspectos mais importantes no manejo do pomar porque as cultivares copa respondem de forma diferente ao crescimento, à qualidade dos frutos e ao acúmulo de nutrientes quando cultivadas em porta-enxertos diversos (Dubey e Sharma, 2016). Além desses fatores, o uso de porta-enxertos cítricos fornece uma grande quantidade de escolhas aos produtores, permitindo que os produtores, entre outras coisas, aumentem a qualidade e o rendimento dos frutos, obtenham frutificação precoce e colheita uniforme, evitem a juvenilidade, controlem o tamanho da árvore e realizem plantio de alta densidade (Tuzcu et al., 2005).

Os porta-enxertos têm sido usados em plantas frutíferas para melhorar a absorção e o transporte de nutrientes, aumentando a produção, o sabor e a qualidade dos frutos e a tolerância a vários estresses ambientais (Habran et al., 2016). Segundo Hayat et al., (2021) Os porta-enxertos têm um efeito substancial sobre as características fisiológicas das plantas enxertadas. Para González-Mas et al., (2009) o comportamento do enxerto depende em parte dos efeitos induzidos pelo porta-enxerto nas trocas gasosas foliares.

As estruturas fisiológicas das cultivares copas também são controladas pelos porta-enxertos, segundo Qureshi et al., (2023) parâmetros como assimilação de CO₂, transporte de fotoassimilação de Carbono e distribuição de carboidratos, são todos controlados por porta-enxertos. Vários estudos têm mostrado que os porta-enxertos impactam diretamente nas características de troca gasosa citros, Jover et al. (2012), notaram efeito dos diferentes porta-enxertos na fotossíntese de folhas de laranjeira umbigo e Sampaio et al. (2021) observaram influência dos porta-enxertos na condutância estomática (gs) de folhas de laranja cv. Pera.

No entanto, há escassez de informação sobre os efeitos dos porta-enxertos nas trocas gasosas e na fluorescência de clorofila de plantas de laranja, principalmente em condições tropicais do Cerrado brasileiro. Diante do exposto, objetivou-se avaliar atributos fisiológicos, de plantas de laranja cv. Pera, em função de diferentes porta-enxertos na região de central do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2021, em pomar experimental de laranja, no município de Anápolis – GO localizado no Centro-Oeste brasileiro, na Estação Experimental de Anápolis-GO. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw, que caracteriza essa região como tropical, com inverno seco e verão chuvoso. Os dados referentes às variáveis climáticas, (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação), durante a execução do experimento encontram-se na figura 4. Os dados foram obtidos da estação meteorológica da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (Emater) em Anápolis-GO.

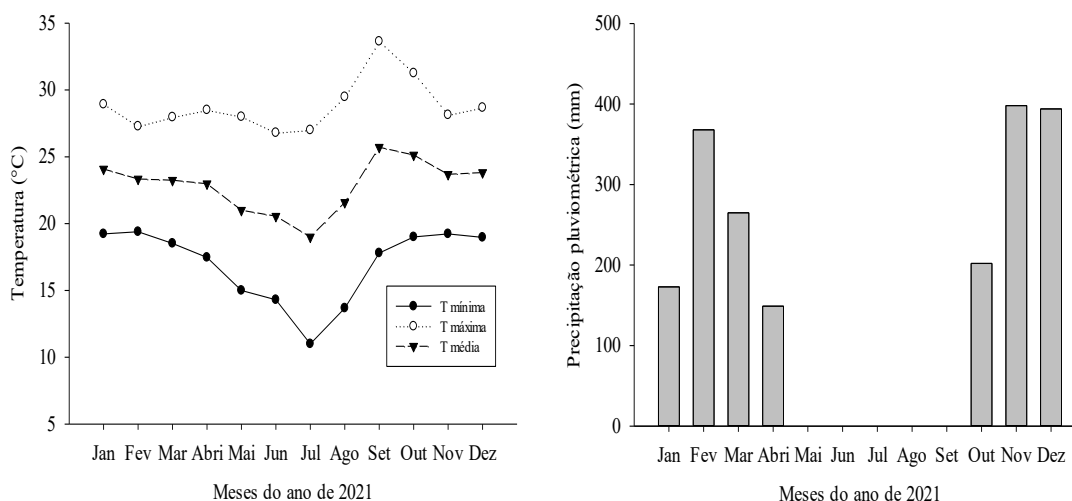


Figura 4 – Temperatura mínima, máxima e média do ar (A) e precipitação pluviométrica (C) durante a execução do experimento. Anápolis-GO, 2025.

A implantação do pomar ocorreu em 2013, em espaçamento de 7 metros entre linhas e 4 metros entre plantas na linha de cultivo. Para o preparo do solo, na ocasião do plantio foi realizado a coleta e análise do solo e assim realizar as práticas de correção de solo e adubação necessárias. No início das avaliações foram coletadas amostra de solo nas áreas de cada

tratamento e as características químicas do solo da área experimental encontram-se na tabela 11.

Tabela 11 - Características químicas durante a execução do experimento na profundidade de 0 - 20 cm. Anápolis-GO, 2025.

Variável	Solo 0 a 20 cm
pH	4,45
$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	
Ca ²⁺	10,48
Mg ²⁺	5,47
Al ³⁺	4,01
H+Al ³⁺	51,52
K ⁺	1,92
CTC	69,39
mg dm^{-3}	
P	28,19
S	84,34
Fe	22,76
B	0,32
Cu	3,53
Zn	3,20
Mn	8,11
%	
V	26,06
M.O	28,39

Adotou-se delineamento em blocos casualizados (DBC), com 6 tratamentos (cultivar copa - laranja pera sob seis porta-enxerto): i) laranja cv. Pera /Cravo; ii) laranja cv. Pera /*Fly Dragon*; iii) laranja cv. Pera /Cleópatra; iv) laranja cv. Pera /Gou Tou; v) laranja cv. Pera /Sunki e vi) laranja cv. Pera /*Citrumelo Swingle*. Com 3 repetições (blocos) e três plantas por parcela experimental.

As adubações de cobertura foram iguais para todos os tratamentos, estas foram realizadas seguindo recomendações da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral-SP). Sendo que o quantitativo utilizado foi parcelado em 3 vezes: 20% da dose recomendada em outubro de 2020, 50% em dezembro de 2020 e os demais 30% em fevereiro de 2021.

Foi realizada irrigação no período não chuvoso do ano. As irrigações foram iniciadas 60 dias após última precipitação acima de 20 mm. Foram irrigadas por microaspersão, fornecendo por planta equivalente a 50 litros por dia. As irrigações foram interrompidas em outubro.

As trocas gasosas foram mensuradas utilizando um analisador de gás por infravermelho, IRGA modelo LI-6400XT (LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA). As avaliações de trocas gasosas foram realizadas em dois turnos (9 horas da manhã e 13 horas da tarde), em folhas maduras. A partir das análises das trocas gasosas, foram obtidas as seguintes variáveis: taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), déficit de pressão de vapor (DPV) (kPa) e de posse desses dados, foi estimada a eficiência instantânea no uso da água (EUA) (A/E) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$).

A fluorescência da clorofila-a foi medida nas mesmas folhas que foram realizadas as variáveis trocas gasosas, utilizando-se um fluorômetro portátil modelo Pocket PEA (Hansatech, Norfolk, Reino Unido). As medições foram realizadas sempre no mesmo período das trocas gasosas. Foram registrados os valores de o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) e o índice de desempenho fotossintético (PI). O índice SPAD, associado ao teor de clorofila na folha foi determinado por meio de três leituras (base, parte intermediária e ápice) nas mesmas folhas, por meio do medidor portátil de clorofila, modelo Minolta SPAD-502.

Os resultados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos entre os diferentes porta-enxertos pelo Teste “F” e pelo Teste de Tukey para comparação das médias dos porta-enxertos. Utilizando-se os programas estatísticos Sisvar e SigmaPlot 10.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, observou-se efeito dos diferentes porta-enxertos utilizados sobre as características associadas às trocas gasosas e de fluorescência de clorofila, como taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), déficit de pressão de vapor (DPV), rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) e índice de desempenho fotossintético (PI) ($p < 0,01$) e a eficiência instantânea no uso da água (EUA) e o índice SPAD ($p < 0,05$).

A taxa de fotossíntese líquida (A) das plantas de laranja cv. Pera foi significativamente afetada pelos diferentes porta-enxertos utilizados, independentemente do horário de avaliação (Figura 5A e 5B). Corroborando com os resultados de Jover et al. (2012), que notaram efeito dos diferentes porta-enxertos na fotossíntese de folhas de laranjeira umbigo. Incesu et al. (2015) também relataram influência de diferentes porta-enxerto na A de plantas jovens de laranja cv.

Valencia. Segundo Qureshi et al. (2023) fatores como assimilação de CO₂, transporte de fotoassimilação de carbono e distribuição de carboidratos, todos são controlados por porta-enxertos.

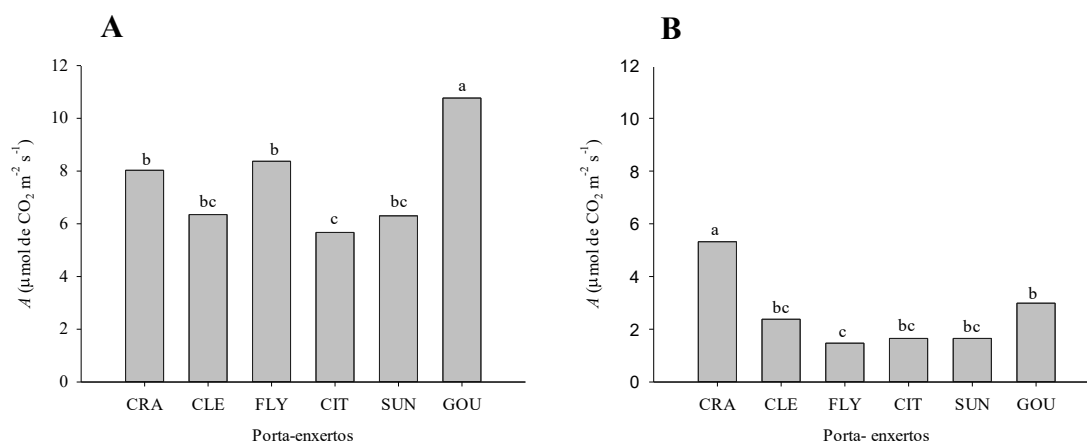


Figura 5 - Taxa de fotossíntese líquida pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

A taxa de fotossíntese líquida (A) das plantas de laranja cv. Pera foi maior no período da manhã quando estas foram cultivadas sobre o porta-enxerto Gou Tou (GOU) (figura 5A) e no período da tarde no porta-enxerto cravo (CRA) (figura 5B). Além disso é possível ressaltar que os porta-enxertos GOU e CRA foram os dois que proporcionaram as maiores A nos dois turnos avaliados. No porta-enxerto *Fly Dragon* notou-se uma variação muito grande na A passando de 8,37 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pela manhã para 1,47 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a tarde.

Observou-se também que independentemente do porta-enxerto utilizado as taxas de fotossíntese líquida nas folhas de laranja ‘Pera’ foram superiores no período da manhã do que no período da tarde (figuras 5A e 5B respectivamente). Segundo Costa e Marengo (2007) valores mais elevados de fotossíntese ocorrem durante a manhã, uma vez que o potencial hídrico das folhas é mais alto nesse horário. Lemos et al. (2012) também observaram que plantas de laranja cv. Pera sadias apresentaram valores máximos de fotossíntese durante a manhã, decrescendo acentuadamente à tarde. Para Medina et al. (1999) sob condições naturais, sem déficit hídrico no solo e com fluxo fotossintético de fótons saturante, a taxa de fotossíntese aumenta no período da manhã, decrescendo posteriormente com o incremento do déficit de pressão de vapor e da temperatura do ar, fato observado no presente trabalho, vide figura 5A e 5B.

A condutância estomática (g_s) foi afetada pelos diferentes porta-enxerto utilizados, nos dois horários de avaliação (Figuras 6A e 6B). Sampaio et al. (2021) também observaram

influência dos porta-enxertos na gs de folhas de laranja cv. Pera. Sabe-se que a gs é muito importante para as trocas gasosas das plantas, pois, a difusão de gases para dentro e para fora da folha depende em grande parte da condutância estomática (g_s), que é uma medida da capacidade máxima de difusão gasosa (de água) e é determinada pela densidade dos estômatos e pela abertura dos poros (Lawson & Matthews, 2020).

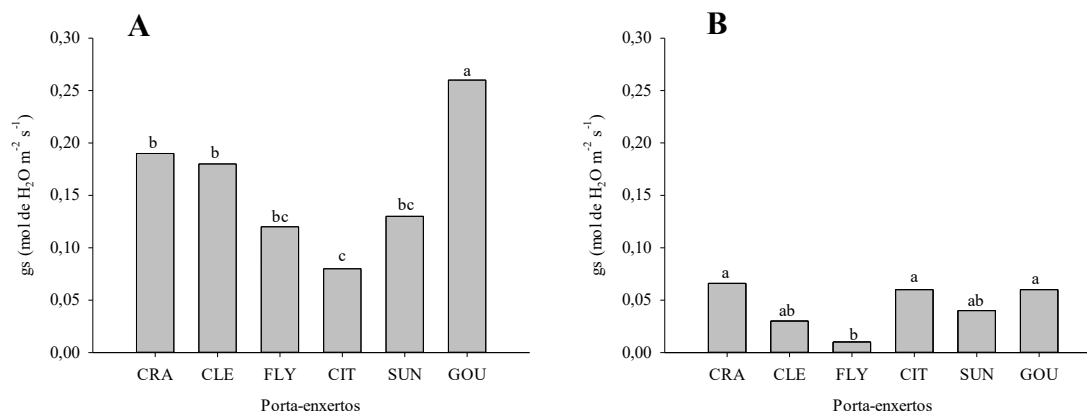


Figura 6 - Condutância estomática (g_s) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

Dessa maneira, evidenciou-se que a taxa de fotossíntese líquida dos valores de g_s em cada porta-enxerto foram maiores na avaliação da manhã em comparação com as da tarde, sugerindo que a queda da taxa de fotossíntese esteja relacionada com o fechamento parcial dos estômatos, Machado et al., (2002) também observaram esse mesmo comportamento em laranja cv. Valência.

Estatisticamente o porta-enxerto GOU proporcionou maiores valores de g_s nas folhas de laranja cv. Pera, sendo $0,26 \text{ mol de } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na parte da manhã e $0,06 \text{ mol de } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a tarde (Figuras 6A e 6B). Já sobre o porta-enxerto FLW no período da tarde observou-se os resultados mais baixos de condutância estomática $0,01 \text{ mol de } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em folhas de laranja cv. Pera (Figura 6B). Segundo Martínez-Alcántara et al., (2013) possivelmente o porta-enxerto FLW apresenta um menor número de vasos do xilema, resultando em uma capacidade reduzida de transportar água das raízes para as folhas, o que reduz o potencial hídrico foliar em períodos de alta demanda evaporativa, causando o fechamento estomático.

Os porta-enxertos também influenciaram significativamente ($p < 0,01$) o déficit de pressão de vapor (DPV) nos dois períodos de avaliação (figuras 7A e 7B), sendo que no porta-enxerto CRA registrou-se os maiores valores de DPV, sendo $0,77 \text{ kPa}$ pela manhã e $1,57 \text{ kPa}$ a tarde. Já os menores resultados foram observados no FLW pela manhã e nos porta-enxertos GOU e FLW à tarde.

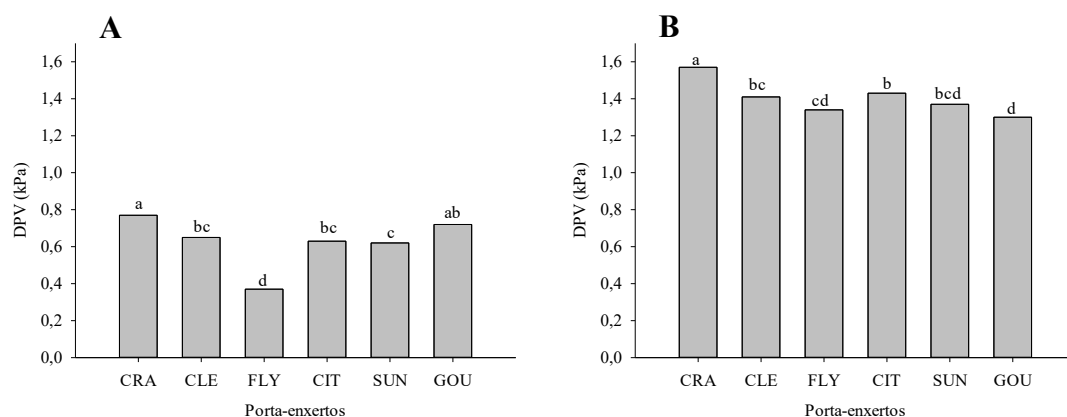


Figura 7 - Déficit de pressão de vapor (DPV) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

Diferentemente do que ocorreu com *A* e *gs* o DPV foi maior no turno da tarde independentemente do porta-enxerto avaliado. O aumento do DPV normalmente faz com que as plantas fechem seus estômatos para minimizar a perda de água e evitar a tensão crítica da água dentro do xilema, resultando em taxas reduzidas de fotossíntese (Grossiord et al., 2020). Sabe-se, que plantas expostas a alto DPV estão sujeitas a alta demanda evaporativa e são menos eficientes do ponto de vista fisiológico, muitas vezes apresentando fotossíntese líquida, condutância estomática e eficiência no uso da água reduzidas (Du et al., 2019). Fato observado no presente trabalho.

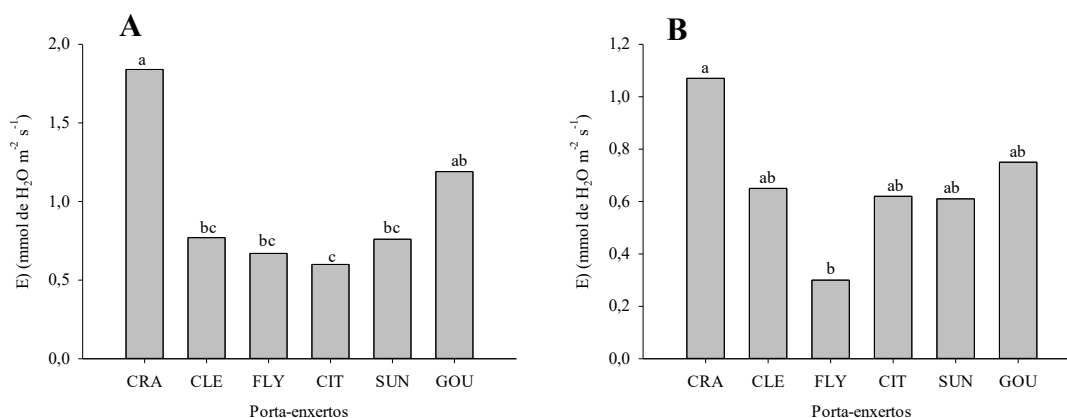


Figura 8 - Transpiração (E) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

Os diferentes porta-enxertos proporcionaram diferenças significativas sobre a taxa transpiratória (E) das folhas de laranja cv. Pera, independentemente do horário de avaliação (Figuras 8A e 8B). Esses resultados se diferenciam daqueles constatados por Incesu et al. (2015) que não notaram alterações estatísticas na E em folhas de laranja cv. Valencia em função dos distintos porta-enxertos utilizados.

Tanto no período da manhã como no período da tarde a taxa transpiratória, da laranja cv. Pera sobre o limão cravo (CRV) foi estatisticamente superior às demais. Já nos porta-enxertos CIT e FLW a cv. Pera, apresentou os menores resultados de E na parte da manhã e pela tarde respectivamente. Essas baixas E nas plantas sobre o porta-enxerto FLY pode ser por causa de uma maior resistência hidráulica que este porta-enxerto exerce nas plantas. É amplamente aceito que a relação entre a transpiração e o potencial hídrico do caule é determinada pela resistência hidráulica das plantas (Meinzer 2002). Martínez-Alcântara et al., (2013) mostraram que a resistência hidráulica de toda a planta foi 40% maior nas plantas enxertadas em Flying Dragon em relação às plantas enxertadas em porta-enxertos mais vigorosos.

Essa maior resistência hidráulica no porta-enxerto FLW pode ter provocado uma baixa condutividade hidráulica o que levaria a desequilíbrios entre a transpiração e o transporte de água durante períodos de alta demanda evaporativa e, portanto, a uma queda no potencial hídrico foliar, induzindo o fechamento estomático (Poggi et al. 2007) e conseqüentemente uma menor transpiração no período da tarde nesse porta-enxerto, nas condições do presente trabalho.

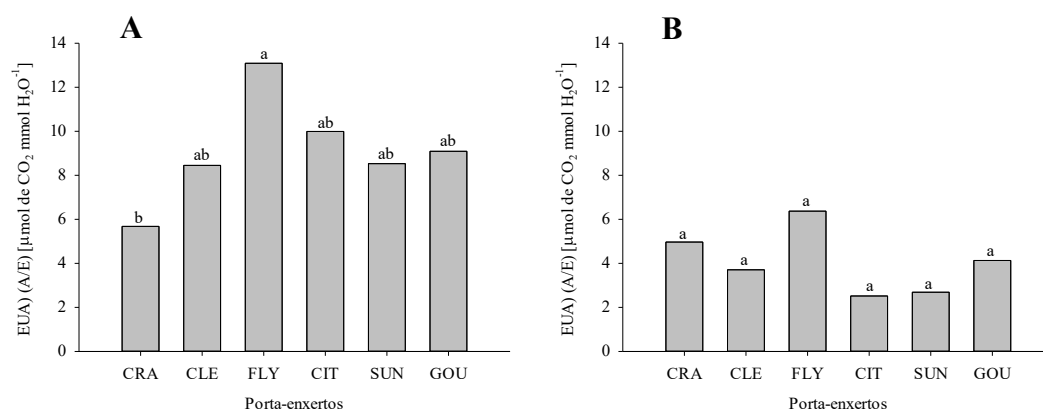


Figura 9 - Eficiência instantânea no uso da água (EUA) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

Observou-se que os diferentes porta-enxertos proporcionaram diferenças significativas sobre a eficiência instantânea no uso da água (EUA) das folhas de laranja cv. Pera, apenas na avaliação da manhã (Figuras 9A e 9B). YEŞİLOĞLU et al. (2020) também observaram que a eficiência do uso de água nas folhas variou significativamente entre as folhas de tangerina sobre diferentes porta-enxertos. Segundo Jacinto Júnior et al., (2019) fisiologicamente EUA pode ser definida como a relação entre a taxa de carbono assimilada pela planta através da fotossíntese (A) e a quantidade de água perdida através da transpiração (E).

A eficiência instantânea no uso da água (EUA) das folhas de laranja cv. Pera, foi maior no porta-enxerto FLW (Figura. 9A). Para Xu et al., (2021) porta-enxertos que proporcionam maior vigor a copa são frequentemente associados a um maior uso de água e um maior rendimento cumulativo, e conseqüentemente a uma menor EUA, explicando assim o porquê de a cv. Pera ter apresentado uma menor EUA quando cultivada sobre os portas-enxertos CRA, GOU, CLE, CIT e SUN em comparação com o porta-enxerto FLW.

Em relação aos dados de fluorescência de clorofila-a, nas folhas de laranja cv. Pera os porta-enxertos influenciaram positivamente o rendimento quântico máximo do PSII (Fv/Fm) (Figuras 10A e 10B). Sendo que os valores Fv/Fm no horário da manhã variaram de 0,73 no porta-enxerto GOU e 0,97 no porta-enxerto FLW (Figura 10A). Já no período de avaliação à tarde a variação foi de 0,53 no porta-enxerto GOU e 0,86 no porta-enxerto CLE (Figura 10A). De acordo com Corrêa & Alves (2010) plantas na ausência de estresse apresentam rendimento quântico potencial (Fv/Fm) ideal na faixa de 0,75 a 0,85. No entanto, neste estudo, muitos valores de Fv/Fm encontrados nos dois horários de avaliação estavam abaixo de 0,75 ou acima dos 0,85.

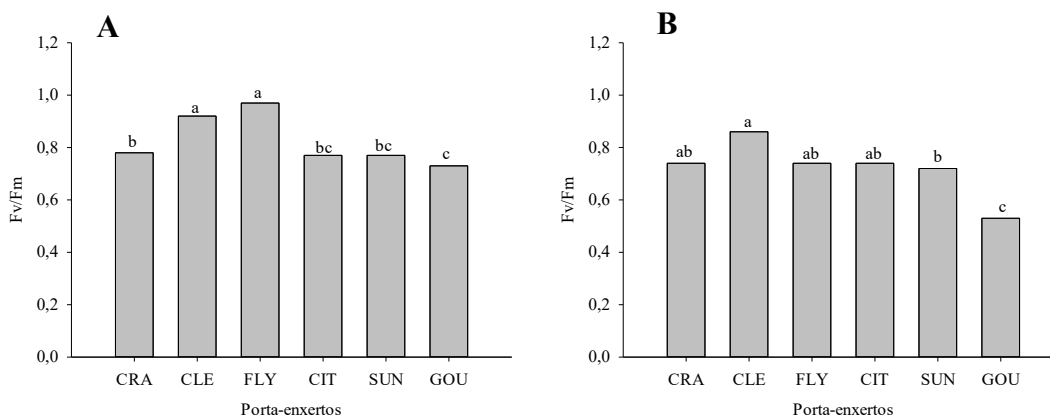


Figura 10 - Relação entre fluorescência variável e fluorescência máxima (Fv/Fm) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

Em relação ao Fv/Fm Porto et al., (2028) obtiveram valores dentro da faixa 0,75 e 0,85 descrita como ideal, em todas as combinações cultivar copa de laranja e porta-enxerto avaliado. Segundo Araújo et al. (2009), o valor da relação Fv/Fm reflete a eficiência quântica potencial do PSII e é usado como indicador sensível da performance fotossintética da planta. A relação Fv/Fm com valores abaixo dessa faixa refletem danos fotoinibitórios nos centros de reação do fotossistema II (Sousa et al., 2016). Assim, os resultados obtidos nos porta-enxertos GOU pela manhã e nos porta-enxertos GOU, SUN, FLW e CRA à tarde permitem-nos inferir que, nas

condições experimentais, estava ocorrendo algum dano ao aparelho fotossintético da laranjeira cv. Pera.

Também foi observado que em todos os porta-enxertos (GOU, SUN, FLW, CRA, CIT e SUN) as folhas de laranja cv. Pera apresentaram menores valores de F_v/F_m na parte da tarde (Figura 10B). Resultados já acreditado, pois, conforme a intensidade da luz aumenta, espera-se que essa variável diminua (Valentini et al. 1994). E essa redução observada pode estar relacionada à ocorrência de alterações funcionais nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos, culminando em mudanças nas respostas da fluorescência (Konrad et al., 2005).

O índice de desempenho fotossintético (PI) também foi influenciado pelos diferentes porta-enxertos tanto no horário das 9 horas da manhã como às 15 horas da tarde (Figuras 11A e 11B). No horário da manhã os porta-enxertos CIT, CLE, CIT e CRA apresentaram 5,69; 5,62; 4,82 e 4,81, respectivamente, como os maiores valores de PI (Figura 11A). Já no período da tarde o porta-enxerto CRA exibiu 7,34 como maior valor de PI (Figura 11A). Uma diminuição ou um aumento de PI expressa perda ou ganho na capacidade de conservação de energia, respectivamente (Yusuf et al., 2010). Dessa maneira, podemos observar que as cultivares porta-enxertos avaliadas neste estudo apresentam comportamentos diferentes em relação à conservação de energia.

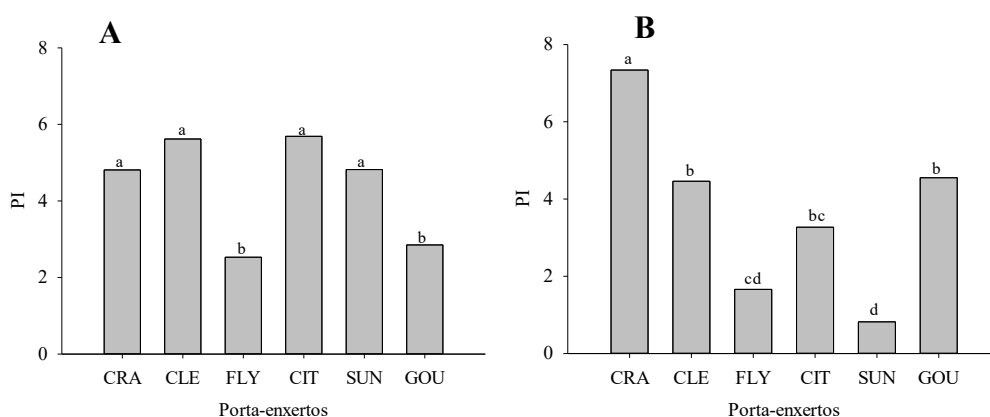


Figura 11 - Índice de desempenho fotossintético (PI) pela manhã (A) e pela tarde (B) das plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

O Índice relativo de clorofila em folhas de laranjeira cv. Pera foi significativamente influenciado pelas diferentes porta-enxertos, variando de 69,93 a 84,40 unidades de SPAD, respectivamente, nos porta-enxertos CIT e GOU (Figura 12). Resultados que aquiescem com aqueles obtidos por He et al. (2024) que relataram influência dos porta-enxertos no índice SPAD em folhas da cultivar copa. Já González Hernández et al. (2020) estudando o

Comportamento de variedades de laranja enxertadas em diferentes porta-enxertos não observaram influência significativa dos diferentes porta-enxertos no índice SPAD.

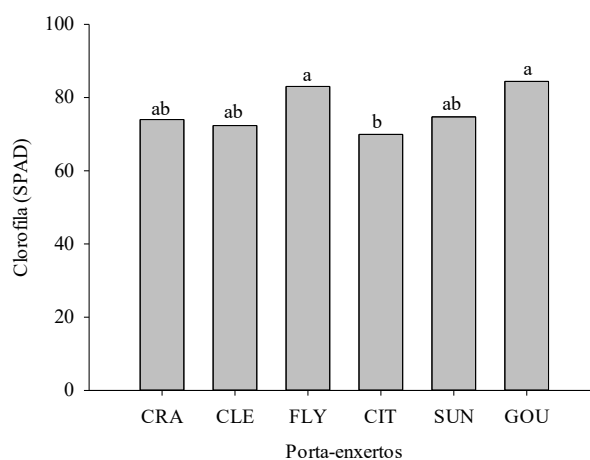


Figura 12 - Índice de Clorofila (SPAD) em plantas de laranja cv. Pera em função de diferentes porta-enxertos. Anápolis-GO, 2025.

O valor SPAD demonstra ter uma boa correlação com vários fatores, como o teor de nitrogênio foliar, teor de proteína e parâmetros de fluorescência da clorofila (Silva-Perez et al., 2018; Maignan et al., 2021). Fang et al. (2022) mostraram que a aplicação combinada do clorofilômetro SPAD e do fluorômetro de clorofila pode medir de forma rápida e não destrutiva o estado fisiológico das plantas.

Além das variáveis fluorescência da clorofila (F_v/F_m e PI), o valor SPAD tem sido usado como uma técnica não destrutiva para estimar o teor de clorofila, que é um componente essencial da fotossíntese e desempenha um papel fundamental no crescimento e produtividade das plantas (Othman et al., 2023). Para Jifon et al. (2005) a leitura SPAD e os níveis de clorofila nas folhas cítricas estão fortemente ligados.

Os valores do índice relativo de clorofila (SPAD) evidenciaram diferenças significativas entre os porta-enxertos avaliados, com destaque para os maiores valores observados nas plantas enxertadas sobre Flying Dragon e Gou Tou, e os menores valores em Citrumelo Swingle. No entanto, todos os valores registrados situaram-se dentro de uma faixa considerada adequada para a cultura da laranjeira, não indicando deficiência nutricional relacionada à clorofila.

É importante ressaltar que valores elevados de SPAD não representam, necessariamente, maior taxa fotossintética ou maior produtividade, mas refletem maior concentração de clorofila por unidade de área foliar. Em porta-enxertos ananizantes, como o Flying Dragon, essa característica pode estar associada à presença de folhas menores e mais

espessas, resultando em maior densidade de clorofila, sem correspondência direta com maior assimilação de carbono ou desempenho produtivo.

4. CONCLUSÕES

Os porta-enxertos influenciaram significativamente todas as variáveis de trocas gasosas e as variáveis fluorescência estudadas, no entanto é preciso mais estudos para identificar como cada porta-enxerto influenciam esses processos fisiológicos na cultivar copa de laranja Pera nas condições de clima e solo do Cerrado Brasileiro.

As variáveis, taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, e eficiência instantânea no uso da água foram maiores no período das 9 horas da manhã, já o déficit de pressão de vapor (DPV) foi maior às 13 horas da tarde.

O porta-enxerto ananicante FLY influenciou o comportamento fisiológico da cultivar copa Pera e proporcionou uma maior eficiência instantânea no uso da água em comparação aos demais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. **Fotoinibição da Fotossíntese**. Revista Brasileira de Biociências, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

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

DU, Q.; JIAO, X.; SONG, X.; ZHANG, J.; BAI, P.; DING, J.; LI, J. **The Response of Water Dynamics to Long-Term High Vapor Pressure Deficit Is Mediated by Anatomical Adaptations in Plants**. Front. Plant Sci. 11:758, 2020.

DUBEY, A. K.; SHARMA, R. M. **Effect of rootstocks on tree growth, yield, quality and leaf mineral composition of lemon (Citrus limon (L.) Burm.)**. Scientia Horticulturae, 200, 131–136, 2016.

FANG, X., WANG, K., SUN, X., WANG, Y., ZHENG, P., & SHI, F. **Characteristics of chlorophyll fluorescence in ten garden shrub species under flooding stress.** *Biologia*, 77:339–350, 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, Á., GUILLÉN SÁNCHEZ, D., ALIA TEJACAL, I., LÓPEZ MARTÍNEZ, V., JUÁREZ LÓPEZ, P., & BÁRCENAS SANTANA, D. **Comportamento de variedades de laranja enxertadas em diferentes porta-enxertos em Xalostoc, Morelos.** *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1123-1134, 2020.

GONZÁLEZ-MAS, M.C., LLOSA, M.J., QUIJANO, A. E FORNER-GINER, M.A., 2009. **Rootstock Effects on Leaf Photosynthesis in ‘Navelina’ Trees Grown in Calcareous Soil.** *HortScience*, 44(2), pp.280-283.

GROSSIORD, C., BUCKLEY, T. N., CERNUSAK, L. A., NOVICK, K. A., POULTER, B., SIEGWOLF, R. T., ... & MCDOWELL, N. G. (2020). **Plant responses to rising vapor pressure deficit.** *New Phytologist*, 226: 1550–156. 2020.

HABRAN, A.; COMMISSO, M.; HELWI, P.; HILBERT, G.; NEGRI, S, et al. **Roostocks/scion/nitrogen interactions affect secondary metabolism in the grape berry.** *Frontiers in Plant Science* 7:1134. 2016.

HAYAT, F., IQBAL, S., COULIBALY, D., RAZZAQ, M. K., NAWAZ, M. A., JIANG, W., ... & GAO, Z. **An insight into dwarfing mechanism: contribution of scion-rootstock interactions toward fruit crop improvement.** *Fruit Researchs*, 1(1), 1-11. 2021.

HE, W.; CHAI, J.; XIE, R.; WU, Y.; WANG, H.; WANG, Y.; CHEN, Q.; WU, Z.; LI, M.; LIN, Y.; ZHANG, Y.; LUO, Y.; ZHANG, Y & TANG, H. **The Effects of a New Citrus Rootstock Citrus junos cv. Shuzhen No. 1 on Performances of Ten Hybrid Citrus Cultivars.** *Plants*. 13, 794. 2024.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2022. Disponível em: Acesso em: 28 dez. 2025.

INCESU, M., CİMEN, B., YESİLOGLU, T., & YILMAZ, B. **Effects of some rootstocks on photosynthetic performance of young ‘Valencia’ orange trees in calcareous soil**. *Journal of Global Agriculture and Ecology*, 2(3), 101-105. 2015.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B. D.; SILVA, B. D. N.; SOUSA, G. G. D.; OLIVEIRA, L. L. B. D.; MESQUITA, R. O. **Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34, 413-422. 2019.

JIFON, J. L., SYVERTSEN, J. P., AND WHALEY, E. **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(2), 152–158, 2005.

JOVER, S., BELÉN, M., JUAN, R., JUAN, R., FRANCISCO, L., AND EDUARDO, P. **Influence of rootstocks on photosynthesis in navel orange leaves: Effects on growth, yield, and carbohydrate distribution**. *Crop Science*. 52, 836–848. 2012.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. D.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. **Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio**. *Bragantia*, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

LAWSON, T., & MATTHEWS, J. **Guard Cell Metabolism and Stomatal Function**. *Annual Review of Plant Biology*, 71(1), 273-302. 2020.

LEMO, L. M. C., SIQUEIRA, D. L. D., SALOMÃO, L. C. C., CECON, P. R., & LEMO, J. P. **Características físico-químicas da laranja-pera em função da posição na copa**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, 1091-1097. 2011.

MACHADO, E. C., MEDINA, C. L., GOMES, M. M. A., HABERMANN, G. **Seasonal variation of photosynthetic rates, stomatal conductance and leaf water potential in ‘Valencia’ orange trees**. *Scientia Agrícola*. 59, 53–58. 2002.

MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B., RODRIGUEZ-GAMIR, J., MARTÍNEZ-CUENCA, M. R., IGLESIAS, D. J., PRIMO-MILLO, E., & FORNER-GINER, M. A. **Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. *monstruosa*)**. *Árvores*, 27, 629-638. 2013.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. **Condutância estomática. Transpiração e fotossíntese em laranjeira Valência submetida ao estresse hídrico**. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Piracicaba, v. 11, p. 29-34, 1999.

MEINZER, F. C. **Coordenação das propriedades de transporte de água em fase de vapor e líquido em plantas**. *Ambiente de células vegetais* 23: 251–263. 2002.

OTHMAN, Y. A.; HANI, M. B.; AYAD, J. Y. e ST HILAIRE, R. **O nível de salinidade influenciou a morfofisiologia e a absorção de nutrientes de porta-enxertos jovens de citros**. *Heliyon* 9; e13336. 2023.

POGGI, I.; POLIDORI, J. J.; GANDOIN, J. M.; PAOLACCI, V.; BATTINI, M.; ALBERTINI, M.; AMEGLIO, T.; COCHARD, H. **Regulação estomática e cavitação do xilema em Clementina (*Citrus clementina* Hort) em condições de seca**. *J Hortic Sci Biotechnol* 82: 845–848. 2007.

PORTO, S. M., BARBOSA, L. C., SOUZA, V. L., & BERTOLDE, F. Z. **Emissão da fluorescência da clorofila em combinações de variedades copa/porta-enxerto de citros**. *Revista Pindorama*, 7(07), 5-5. 2018.

QURESHI, M.A.; ASHRAF, E.; ALBAAYIT, S. F. A.; SHAFQAT, W.; SHAREEF, N.; DIN, S.U.; SADAF, S.; RASHID, S. AND TASNEEM, S. **Rootstock influence on performance of different citrus scion cultivars: A review**. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 11(3):273-283. 2023.

SAMPAIO, A. H. R., SILVA, R. O., BRITO, R. B. F., DOS SANTOS SOARES FILHO, W., DA SILVA GESTEIRA, A., SOUZA, L. D., & COELHO FILHO, M. A. **Sweet orange**

acclimatisation to water stress: a rootstock dependency. *Scientia Horticulturae*, 276, 109727. 2021.

SOUSA, J. R. D., GHEYI, H. R., BRITO, M. E., LACERDA, C. F. D., SILVA, F. V. D., & SOARES, F. A. **Eficiência quântica do fotossistema II e produção de laranja sob estresse salino e adubação nitrogenada.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(5), 434-440. 2016.

VALENTINI, R., CECCHI, G., MAZZINGHI, P., MUGNOZZA, G. S., AGATI, G., BAZZANI, M., ... & RAIMONDI, V. **Remote sensing of chlorophyll a fluorescence of vegetation canopies: 2. Physiological significance of fluorescence signal in response to environmental stresses.** *Remote Sens. Environ.* 47: 29- 35, 1994.

XU, H.; EDIGER, D.; SINGH, A.; PAGLIOCCHINI, C. **Rootstock–Scion Hydraulic Balance Influenced Scion Vigor and Yield Efficiency of *Malus domestica* cv. Honeycrisp on Eight Rootstocks.** *Horticulturae*, 7, 99, 2021.

YEŞİLOĞLU, T., ÇİMEN, B., YILMAZ, B., & İNCESU, M. **Relationship between photosynthesis and fruit quality of ‘Clemenules clementine’ mandarin variety budded on various rootstocks.** *International Journal of Agriculture, Environment and Food Science*, 4 (3): 236-243, 2020.

YUSUF, M.A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R. et al. **Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurement.** *Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics*, v. 1797, p. 1428–38, 2010.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados ao longo desta tese evidenciam que o desempenho da laranjeira no Cerrado brasileiro não pode ser compreendido a partir de variáveis isoladas. Crescimento vegetativo, produtividade, estado nutricional e funcionamento fisiológico constituem componentes interdependentes de um mesmo sistema, fortemente modulados pela interação entre a cultivar copa e o porta-enxerto. Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo integrar os achados dos capítulos anteriores, propondo uma interpretação conjunta que permita compreender os mecanismos que sustentam as diferenças observadas entre as combinações avaliadas.

Na citricultura moderna, a escolha do porta-enxerto vai além do controle de vigor, atuando diretamente sobre a absorção e translocação de água e nutrientes, a eficiência fotossintética, o equilíbrio fonte–dreno e, conseqüentemente, a produtividade e a qualidade dos frutos. Os resultados obtidos nesta tese confirmam essa abordagem integrada, demonstrando que o porta-enxerto exerce influência decisiva sobre processos fisiológicos fundamentais, que se refletem em crescimento e produção.

Crescimento vegetativo e produtividade

O desempenho agrônômico das combinações copa/porta-enxerto evidenciou que os porta-enxertos Cravo, Cleópatra, Gou Tou, Sunki e Citrumelo Swingle apresentaram produtividades semelhantes entre si, enquanto o porta-enxerto Flying Dragon induziu nanismo e reduziu a produção por planta. Esse comportamento confirma o efeito ananicante característico do Flying Dragon, amplamente descrito na literatura, e reforça que a redução do porte está associada a limitações na capacidade de sustentar drenos reprodutivos ao longo do ciclo produtivo.

O crescimento vegetativo observado ao longo dos anos acompanhou esse padrão, com plantas enxertadas sobre Flying Dragon apresentando menores alturas e diâmetros de copa. Em contrapartida, porta-enxertos mais vigorosos favoreceram maior desenvolvimento da copa, ampliando a interceptação de radiação solar e o potencial fotossintético da planta. Assim, o crescimento vegetativo mostrou-se um componente essencial para a compreensão da produtividade, pois condiciona a capacidade de assimilação de carbono e a formação de reservas necessárias ao enchimento dos frutos.

Estado nutricional como base do desempenho produtivo

O estado nutricional das plantas revelou-se um dos pilares para a interpretação dos resultados agrônômicos. A interação significativa entre cultivares copa e porta-enxertos para diversos macro e micronutrientes indica que a absorção e o acúmulo de nutrientes não dependem apenas da disponibilidade no solo, mas também da eficiência do sistema radicular e da compatibilidade fisiológica da combinação.

Entre os macronutrientes, o fósforo e o potássio destacam-se como elementos-chave para a integração dos resultados. O fósforo, essencial para os processos energéticos e para o crescimento celular, apresentou teores frequentemente próximos ou abaixo da faixa considerada adequada, sugerindo potencial limitação metabólica em determinadas combinações. Essa condição pode restringir o crescimento vegetativo e reduzir o potencial produtivo, especialmente em ambientes de Cerrado, onde a disponibilidade de P no solo é naturalmente limitada.

O potássio, por sua vez, apresentou ampla variação entre as combinações avaliadas. Esse nutriente desempenha papel central na regulação osmótica, na abertura estomática, no transporte de carboidratos e no enchimento dos frutos. Assim, variações nos teores foliares de K refletem diretamente diferenças na eficiência do uso da água e na capacidade de translocação de assimilados, conectando o estado nutricional aos resultados fisiológicos e produtivos observados.

Ecofisiologia da cultivar ‘Pera’

A análise ecofisiológica da cultivar ‘Pera’, conduzida no Capítulo IV, fornece a base mecânica para explicar os padrões observados de crescimento e produtividade. As variáveis de trocas gasosas, eficiência no uso da água e fluorescência da clorofila demonstraram que os porta-enxertos alteram de forma significativa o funcionamento fisiológico da copa.

As maiores taxas de fotossíntese líquida foram observadas em plantas enxertadas sobre Gou Tou e Cravo, especialmente no período da manhã, enquanto o Flying Dragon apresentou redução acentuada da fotossíntese no período da tarde. Essa queda indica limitação na assimilação de CO₂ em condições de maior demanda atmosférica, reduzindo o saldo diário de carbono disponível para crescimento e produção de frutos.

Em contrapartida, o Flying Dragon destacou-se por apresentar maior eficiência instantânea no uso da água, evidenciando uma estratégia fisiológica mais conservativa. No entanto, essa maior eficiência não se traduziu em maior produtividade, reforçando que

eficiência hídrica isolada não garante elevado rendimento, sobretudo quando associada a menor capacidade fotossintética e menor porte da planta.

Os parâmetros de fluorescência da clorofila corroboraram essa interpretação, indicando diferenças na eficiência fotoquímica entre os porta-enxertos. Essas variações refletem ajustes no aparato fotossintético que, quando integrados às trocas gasosas e ao estado nutricional, ajudam a explicar o desempenho agrônômico das combinações.

Funcionamento das combinações copa/porta-enxerto

A partir da integração dos resultados obtidos, pode-se propor um modelo conceitual para explicar o desempenho das combinações avaliadas, nesse caso usando como exemplo a cultivar de Laranja ‘Pera’:

- i. O porta-enxerto determina a arquitetura da planta e a capacidade de absorção e condução de água e nutrientes, influenciando diretamente a condutância estomática e a transpiração.
- ii. O estado nutricional, especialmente em relação a fósforo e potássio, sustenta o funcionamento metabólico e fisiológico da copa, condicionando a eficiência fotossintética e o transporte de assimilados.
- iii. A estabilidade das trocas gasosas ao longo do dia define o saldo diário de carbono, que será direcionado ao crescimento vegetativo e aos drenos reprodutivos.
- iv. Porta-enxertos ananizantes, como o Flying Dragon, favorecem maior eficiência hídrica, porém limitam o crescimento e a produção por planta, enquanto porta-enxertos mais vigorosos ampliam o potencial produtivo, ainda que com menor eficiência instantânea no uso da água.

Recomendações para a região Central do Brasil

Os resultados desta tese indicam que, para a região Central do Brasil, a escolha do porta-enxerto deve considerar o equilíbrio entre vigor, eficiência fisiológica, estado nutricional e objetivo produtivo. Para sistemas voltados à maximização da produção por planta e estabilidade produtiva, porta-enxertos como Cravo e Gou Tou mostraram-se mais adequados, especialmente em combinações com a cultivar ‘Pera’.

Por outro lado, o uso do Flying Dragon pode ser estrategicamente interessante em sistemas adensados ou em condições de maior restrição hídrica, desde que se reconheça sua

limitação em termos de produção por planta e se ajuste o manejo nutricional e espacial do pomar.

Conclusões Gerais

Os resultados desta tese demonstram que:

- O porta-enxerto exerce influência determinante sobre crescimento vegetativo, nutrição, fisiologia e produtividade das laranjeiras na região Central do Brasil.
- O desempenho produtivo está diretamente ligado à capacidade do porta-enxerto em sustentar crescimento vegetativo funcional e assimilação eficiente de carbono.
- O estado nutricional, especialmente em relação a fósforo e potássio, constitui a base para a expressão do potencial fisiológico e agrônômico das combinações.
- Na cultivar ‘Pera’, porta-enxertos como Cravo e Gou Tou favoreceram maior desempenho fotossintético e maior potencial produtivo, enquanto o Flying Dragon apresentou maior eficiência hídrica, porém menor produção por planta.
- A definição da melhor combinação copa/porta-enxerto deve considerar o sistema de produção, o ambiente e o destino da produção, reforçando a necessidade de abordagens integradas na citricultura do Cerrado.