

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FELIPE VALADARES RIBEIRO AVELAR

**PRODUÇÃO INICIAL E QUALIDADE DE FRUTOS DE  
LARANJEIRA ‘PERA CNPMF D-6’ SOBRE DIFERENTES PORTA-  
ENXERTOS E ESPAÇAMENTOS DE CULTIVO, NA REGIÃO SUL  
DO ESPÍRITO SANTO**

ALEGRE – ES

2026

FELIPE VALADARES RIBEIRO AVELAR

**PRODUÇÃO INICIAL E QUALIDADE DE FRUTOS DE  
LARANJEIRA ‘PERA CNPMF D-6’ SOBRE DIFERENTES PORTA-  
ENXERTOS E ESPAÇAMENTOS DE CULTIVO, NA REGIÃO SUL  
DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo para obtenção do Título de Mestre em Agronomia na área de Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz de Olivera

Coorientador: Prof. Dr. Moises Zucoloto

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz

ALEGRE – ES

2026

V136p Valadares Ribeiro Avelar, Felipe, 1999-  
Produção inicial e qualidade de frutos de laranjeira 'Pera CNPMF D-6' sobre diferentes porta-enxertos e espaçamentos de cultivo, na região sul do Espírito Santo / Felipe Valadares Ribeiro Avelar. - 2026.  
40 f.

Orientador: Fábio Luiz de Oliveira.

Coorientadores: Moises Zucoloto, Marcelo Antonio Tomaz.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Citricultura. 2. Fitotecnia. 3. Porta-Enxertos. 4. Laranjeira. I. de Oliveira, Fábio Luiz. II. Zucoloto, Moises. III. Antonio Tomaz, Marcelo. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

---


# PRODUÇÃO INICIAL E QUALIDADE DE FRUTOS DE LARANJEIRA ‘PERA CNPMF D-6’ SOBRE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS E ESPAÇAMENTOS DE CULTIVO, NA REGIÃO SUL DO ESPÍRITO SANTO

FELIPE VALADARES RIBEIRO AVELAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia.


Aprovada em 06 de fevereiro de 2026

## COMISSÃO EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente  
 **FABIO LUIZ DE OLIVEIRA**  
Data: 06/02/2026 16:39:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Fábio Luiz de Oliveira  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 **MOISES ZUCOLOTO**  
Data: 06/02/2026 15:46:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Moises Zucoloto  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Coorientador)

Documento assinado digitalmente  
 **DIMMY HERLLEN SILVEIRA GOMES BARBOSA**  
Data: 06/02/2026 16:26:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr. Dimmy Herllen Silveira Gomes  
Barbosa  
EMBRAPA Mandioca e Fruticultura  
(Membro Externo)

Documento assinado digitalmente  
 **VINICIUS DE SOUZA OLIVEIRA**  
Data: 06/02/2026 15:41:17-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr. Vinicius de Souza Oliveira  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Membro interno)

*“Slow down, you're doing fine, you can't be  
everything you wanna be before your time”*

**Billy Joel**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela oportunidade de chegar até e por ter me sustentado por todos esses anos.

Ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE), ao Setor de Fruticultura da Fazenda Experimental da UFES e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) pela oportunidade da realização do curso de mestrado. À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela bolsa.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura pela parceria para a realização e condução dos experimentos e ao Sítio Canto Livre pelo apoio e espaço para implantação e condução dos experimentos em campo.

Ao meu orientador Fábio Luiz de Oliveira e meu coorientador Moises Zucoloto por todos os ensinamentos, suporte, conselhos, incentivos e acima de tudo pela amizade desenvolvida durante essa trajetória.

Aos membros da banca Vinicius de Souza Oliveira e Dimmy Herllen Silveira Barbosa pela disponibilidade e pelas importantes contribuições.

Ao meu amor Nayara Vallory por todo o companheirismo e por estar do meu lado nos momentos mais difíceis e nos mais alegres durante toda essa trajetória e nunca ter deixado faltar motivação.

À toda a minha família pelo suporte, minha mãe Simone Valadares, minha irmã Gabriela Valadares, meu padrasto Arnaldo Barbosa e meu pai Ribeiro Avelar que sempre estiveram ao meu lado.

Aos amigos e companheiros de vida acadêmica Amanda Capacia, Marcelly Santos, Vinicius Rodrigues, Caio Pimenta, Rayla Frangilo, Julio Rosário, Matheus Schwan, Josimar Aleixo, Alice Cancian, Jordania Bolzan, Leonardo Mardegan e Phelipe Campos. Vocês foram fundamentais nessa jornada.

Aos trabalhadores da fazenda experimental, em especial ao Carlinhos da Fruticultura, Anderson tratorista, Geomar e Leteco, com esses estendo meu muito obrigado a toda a equipe da fazenda.

A todos o meu mais sincero muito obrigado.

## RESUMO

AVELAR, Felipe Valadares Ribeiro. **Produção inicial e qualidade de frutos de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ sobre diferentes porta-enxertos e espaçamentos de cultivo, na região sul do Espírito Santo.** 2026. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz de Oliveira. Coorientador: Prof. Dr. Moises Zucoloto e Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz

A citricultura é uma importante atividade agrícola no Brasil, sendo a laranjeira ‘Pera’ a variedade de laranja-doce mais cultivada. A seleção de porta-enxertos adequados é fundamental para o sucesso da produção comercial de citros, influenciando características como vigor, produção, qualidade de frutos e resistência a doenças, além de permitir o adensamento do plantio. Portanto, este trabalho avaliou a produção inicial e qualidade de frutos de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ sobre cinco porta-enxertos (‘Índio’, ‘Riverside’ e ‘San Diego’; ‘Sunki-Tropical’; e ‘Swingle’) e três espaçamentos ( $4,5 \times 2$ ;  $4,5 \times 2,5$  e  $4,5 \times 3$  metros). O experimento, conduzido em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial  $5 \times 3$ , avaliado durante dois ciclos. Foi avaliado altura das plantas, o diâmetro de copa na linha de plantio e na entre linha, o volume de copa, número total de frutos, massa total de frutos, eficiência produtiva e qualidade físico-química dos frutos. O citrandarin ‘San Diego’ apresentou o melhor desempenho, com desempenho similar nos dois anos, volume de copa reduzido e eficiência produtiva superior aos demais porta-enxertos, independente do espaçamento, além de apresentar alta eficiência produtiva no espaçamento intermediário ( $4,5 \times 2,5$  m). Os resultados indicam que o citrandarin ‘San Diego’ tem potencial para ser usado como porta-enxerto no adensamento de pomares de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’, sendo recomendado o espaçamento de  $4,5 \times 2,5$  metros, que proporciona elevada eficiência produtiva, bom desempenho e frutos de qualidade.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis*; Enxertia; Citrandarins; Citrumelo ‘Swingle’; ‘Sunki-Tropical’; Volume de copa; Produtividade

## ABSTRACT

AVELAR, Felipe Valadares Ribeiro. **Initial production and fruit quality of ‘Pera CNPMF D-6’ sweet orange under different rootstocks and spacing systems, in southern Espírito Santo region.** 2026. Dissertation (Master's in Agronomy) - Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES. Advisor: Prof. Dr. Fábio Luiz de Oliveira. Co-advisors: Prof. Dr. Moises Zucoloto and Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz

Citrus cultivation is an important agricultural activity in Brazil, with ‘Pera’ sweet orange being the most cultivated sweet orange variety. The selection of suitable rootstocks is fundamental for the success of commercial citrus production, influencing characteristics such as vigor, yield, fruit quality, and disease resistance, as well as enabling high-density planting. Therefore, this study evaluated initial production and fruit quality of ‘Pera CNPMF D-6’ sweet orange grafted onto five rootstocks (‘Indio’, ‘Riverside’, and ‘San Diego’; ‘Sunki-Tropical’ and ‘Swingle’) under three spacings ( $4.5 \times 2$ ;  $4.5 \times 2.5$ ; and  $4.5 \times 3$  meters). The experiment was conducted in a completely randomized design with a  $5 \times 3$  factorial scheme, evaluated over two productive cycles. Plant height, canopy diameter in the row and between-row directions, canopy volume, total number of fruits, total fruit mass, productive efficiency, and physicochemical fruit quality were evaluated. The citrandarin ‘San Diego’ showed superior performance, with good production performance across both years, reduced canopy volume, and higher productive efficiency, regardless of spacing, and also exhibited high productive efficiency in the intermediate spacing ( $4.5 \times 2.5$  m). The results indicate that the citrandarin ‘San Diego’ is a promising rootstock alternative for high-density planting of ‘Pera CNPMF D-6’ sweet orange orchards, with the  $4.5 \times 2.5$  meter spacing being recommended, as it provides high productive efficiency, good production performance, and quality fruit.

**Keywords:** *Citrus sinensis*; Grafting; Citrandarins; Citrumelo ‘Swingle’; ‘Sunki-Tropical’; Canopy volume; Yield

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
Caracterização da área e manejo geral .....	12
Delineamento Experimental .....	13
Variáveis morfoagronomicas.....	13
Variáveis Físico-químicas .....	14
Análise Estatística .....	14
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
Variáveis morfoagronomicas.....	15
Variáveis de Físico-Químicas.....	28
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## INTRODUÇÃO

A citricultura é um dos principais setores da fruticultura brasileira e do cenário agrícola nacional como um todo. O principal produto da citricultura brasileira é laranja doce [*Citrus × sinensis* (L.) Osbeck], usada principalmente para a produção e exportação de suco concentrado congelado (ALVES, 2018; SOARES FILHO, 2019; FAO, 2022). O Brasil produziu em 2024 cerca de 15,7 milhões de toneladas, com destaque para o estado de São Paulo o qual foi responsável por 12 milhões de toneladas (ABAFRUTAS, 2025).

Regionalmente, no estado do Espírito Santo, no ano de 2024 foram colhidas 19.856 toneladas em uma área de 1.690 hectares, resultando na produtividade média de 11,75 t/ha, valores abaixo da média nacional. No sul do estado destaca-se o município de Jerônimo Monteiro, importante produtor e conhecido como “Terra da Laranja” (IBGE, 2024).

Grande parte da baixa produtividade observada na região sul do estado decorre do predomínio de estabelecimentos rurais de base familiar e da adoção de práticas de manejo de baixa eficiência (IBGE, 2024), como o emprego de espaçamentos demasiadamente amplos, a exemplo de 5 × 5 metros. Tal arranjo é desnecessário em áreas não mecanizadas e implica menor densidade de plantas por hectare, resultando em reduzido rendimento por unidade de área.

Diante disso, surge a necessidade de desenvolver trabalhos que permitam a transferência de tecnologia e informações de modo a orientar o agricultor familiar no manejo da cultura da laranjeira, principalmente quanto ao adensamento de plantio e na adoção de porta-enxertos mais eficientes.

No contexto da produção regional e nacional, a laranjeira doce ‘Pera’, é a variedade mais cultivada por apresentar aptidão tanto para o processamento de suco, quanto para o consumo da fruta fresca (CARVALHO et al., 2019). Ela é caracterizada por produzir frutos médios e a maturação média, com o período de colheita variando de acordo com a região cultivada (BASTOS et al., 2014). Contudo, para que essa variedade expresse seu potencial genético e se adapte adequadamente às diferentes condições edafoclimáticas é fundamental o uso de um porta-enxerto apropriado.

A enxertia tornou-se indispensável na citricultura moderna devido ao surgimento de doenças graves, como a tristeza dos citros (CTV), que devastaram pomares no século XX. A adoção da enxertia permitiu manter a qualidade genética da copa enquanto incorporava características agrônômicas superiores do porta-enxerto. (MATTOS

JUNIOR et al., 2005; SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017; CUNHA SOBRINHO et al., 2013).

Portanto, o sucesso da produção comercial de citros depende de um importante componente: o porta-enxerto. Os porta-enxertos desempenham papéis importantíssimos na resposta fisiológica das plantas ao ambiente e aos fatores externos, exercendo influência direta em parâmetros densidade de plantio, produção, qualidade, florescimento e precocidade, vigor, tamanho de copa e resistência a enfermidades bióticas e abióticas (CASTLE, 2010; CASTLE, 2011; BENNICI, 2021).

Um dos principais porta-enxertos utilizados durante muito tempo pelos citricultores foi o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) devido suas características de apresentar tolerância a seca, induzir precocidade e altas produtividades compatibilidade com as principais copas de laranja-doce, principalmente a ‘Pera’ (CASTLE, 2010; PEDROSO, et al., 2014; CARVALHO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; SOMBRA et al., 2019). Contudo, devido a essa preferência dos citricultores por trabalhar com poucos materiais e o predomínio do ‘Cravo’ durante muito tempo, levou ao estreitamento da base genética de porta-enxertos (CUNHA SOBRINHO et al., 2013), se tornando um dos principais gargalos e vulnerabilidades da produção citrícola não somente brasileira como mundial.

Diante desse cenário, existe um grande esforço para a busca de materiais que podem ser utilizados como porta-enxertos e que resistam a esses problemas. Assim surgiram alternativas como os Citrandarins [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], a tangerineira ‘Sunki-Tropical’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] e o citrumeleiro ‘Swingle’ [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] onde estudos conduzidos pela Embrapa demonstram o bom desempenho de copas de laranjeiras doces enxertadas sobre esses porta-enxertos. (SCHINOR et al., 2013; CARVALHO et al., 2016; AMORIM et al., 2018; CONCEIÇÃO et al., 2019; BUFFON et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2024).

Dentre as características interessantes para a citricultura, plantas de porte reduzido são desejáveis pois permitem melhor inspeção e manejo de pragas e doenças, redução dos custos de produção, maior produção de frutos por volume de copa e mais cedo, (POMPEU JUNIOR e BLUMER, 2014), comportamento observado nas seleções de citrandarins ‘Indio’, ‘Riverside’ e ‘San Diego’ e citrumelo ‘Swingle’, além de boa adaptabilidade a condições de sequeiro, predominante em boa parte dos pomares comerciais do Brasil,

observada em plantas enxertadas sobre ‘Sunki-Tropical’ (CARVALHO et al., 2016; AMORIM et al., 2018; TEODORO et al., 2020).

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a produção inicial e qualidade de frutos da copa de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ sobre cinco por enxertos e três espaçamentos de cultivos na região Sul do Espírito Santo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Localização e manejo cultural**

O estudo foi conduzido nos anos de 2024 e 2025, em lavoura de laranjeiras-doce com idade de três e quatro anos, implantadas em setembro de 2021, no Sítio Canto Livre, zona rural do município de Cachoeiro de Itapemirim (20°51'58.76" S, 41°3'48.85" W). O clima da região é classificado como “Aw”, tropical chuvoso com estação seca no inverno, de acordo com a Classificação Climática de Köppen (PEZZOPANE et al., 2012). A pluviosidade anual média é 1.187,6 mm de acordo com dados do Incaper (2020). A altitude média é de 122 m.

Foi realizada a caracterização química do solo, na camada de 0-20 cm de acordo com a metodologia de análise de solos da Embrapa (2009), que apresentou os seguintes resultados: pH em água = 5,95 (relação 1:2,5); Fósforo (P) = 5,4 mg/dm<sup>3</sup>; Potássio (K) = 130,85 mg/dm<sup>3</sup>; Sódio (Na) = 6,65 mg/dm<sup>3</sup>; Cálcio (Ca) = 3,07 cmolc/dm<sup>3</sup>; Magnésio (Mg) = 0,98 cmolc/dm<sup>3</sup>; Alumínio (Al) = 0,025 cmolc/dm<sup>3</sup>; H+Al = 3,45 cmolc/dm<sup>3</sup>; soma de bases = 4,42 cmolc/dm<sup>3</sup>; capacidade de troca catiônica efetiva = 4,44 cmolc/dm<sup>3</sup>; capacidade de troca catiônica potencial = 7,87 cmolc/dm<sup>3</sup>; índice de saturação de bases = 55,84 %; índice de saturação de alumínio = 0,67%. Para o fósforo, potássio e sódio foi utilizado o extrator Mehlich-1; para cálcio, magnésio e alumínio, o KCl na concentração de 1 mol/L e para H+Al, extrator SMP.

As adubações foram realizadas como base nas análises químicas de solo da área e de acordo com o manual de recomendação de Prezotti et al., 2007. O sistema de irrigação utilizado localizado, por micro spray com vazão de 50 L/h e turno de rega variável. Para o manejo de plantas invasoras nas linhas e entrelinhas de plantio, foram realizadas roçadas e capinas mecânicas, também se aplicou herbicidas à base de glifosato e glufosinato quando necessário. O manejo fitossanitário foi realizado quando necessário utilizando fungicidas e inseticidas registrados para a cultura. Os tratamentos culturais, como roçada das entrelinhas e poda das plantas, foram efetuados de acordo com o manejo do produtor,

conforme padrões preconizados para a cultura (MATTOS JUNIOR et al., 2005; SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017).

### **Delineamento Experimental**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial ( $5 \times 3$ ), constituído de cinco porta-enxertos e três espaçamentos ( $4,5 \times 2$ ;  $4,5 \times 2,5$  e  $4,5 \times 3$  metros), totalizando 15 tratamentos com 8 repetições, com uma planta por parcela experimental. O espaçamento de 4,5 m entre linhas foi adotado por se tratar de um sistema de cultivo sem mecanização, portanto, por não necessitar de tráfego de tratores na área o espaçamento pode ser reduzido.

A cultivar copa utilizada foi laranjeira doce ‘Pera CNPMF D-6’ sobre os porta-enxertos: citrandarins [*C. sunki* x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] ‘Indio’, ‘Riverside’ e ‘San Diego’; tangerineira ‘Sunki’, seleção ‘Sunki-Tropical’ [*C. sunki* (Hayata) Hort. Ex Tanaka] e citrumeleiro ‘Swingle’ [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]. Os citrandarins foram desenvolvidos pela USDA, na Califórnia e introduzidos no Brasil na década de 70 Embrapa Mandioca e Fruticultura por intermédio do Instituto de Pesquisa do Centro Sul – IPEACS. O citrumelo ‘Swingle’ também foi desenvolvido pelo USDA pelo melhorista Walter Swingle. Já o ‘Sunki-Tropical’ foi desenvolvido pela Embrapa a partir de seleções da tangerineira sunki.

Todos os materiais utilizados são provenientes do Banco de Germoplasma de Citros disponibilizados pelo programa de melhoramento genético de citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

### **Características morfoagronômicas**

Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta (ALT), diâmetro das copas no sentido da linha (DL) e da entrelinha (DE) de plantio, volume de copa (VC), número total de frutos por planta (NTF), massa total de frutos em kg/planta (MTF) e eficiência produtiva (EP). A MTF foi obtida através de amostragem de 10 frutos retirados do terço médio de cada parcela e pesados em balança eletrônica. Dessa forma, foi calculada a média da massa dos frutos e multiplicado pelo NTF. A ALT, DL e DE foram medidos com trena métrica graduada em centímetros, e os dados obtidos foram utilizados para composição dos cálculos de volume de copa ( $m^3$ ), obtidos segundo Zekri et al. (2003), pela fórmula:

$$VC = (\pi/6) \times ALT \times DL \times DE$$

A partir da obtenção do VC, foi calculado a eficiência produtiva ( $EP \text{ kg.m}^{-3}$ ) através da relação entre MTF e VC.

### **Características físico-químicas**

Essa avaliação foi realizada somente no ano de 2025. Para as avaliações físico-químicas utilizaram-se amostras de dez frutos por parcela experimental, retirados do terço médio das copas, acondicionados em sacos de polietileno, identificados e levados ao laboratório localizado no Setor de Fruticultura, na Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, da Universidade Federal do Espírito.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro equatorial e diâmetro longitudinal do fruto (DEF e DLF) aferido com paquímetro digital; massa fresca de dez frutos (MF) e massa de suco (MS), através de balança analítica para se obter o rendimento de suco (RS %) através da relação entre a MF e MS; os teores de sólidos solúveis (SS) expresso em °Brix, acidez (AC) expressa em porcentagem de Ácido Cítrico e *Ratio* (SS/AC) foram obtidos através do Refratômetro Portátil Digital PAL-BX/ACID1 (Brix e Acidez - Frutas Cítricas). Para a obtenção do teor de SS, foi coletado um mL de suco com pipeta do tipo pasteur e colocado no leitor do refratômetro para a realização da leitura. Para a obtenção do *Ratio* e da AC, 49 mL de água destilada foram adicionados a um Becker becker de 100 mL, e com uma pipeta tipo pasteur, foi adicionado 1 mL de suco ao becker, após isso, a mistura foi homogeneizada por cerca de 15 segundos e então a solução foi disposta no leitor do refratômetro digital para a realização da leitura.

### **Análise Estatística**

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de ScottKnott ( $p < 0,05$ ). Todas as análises estatísticas foram obtidas com o auxílio do *software* R (R CORE TEAM, 2025), através do pacote de dados Easyanova (ARNHOLD, 2024). Para a confecção dos gráficos e figuras apresentados neste trabalho, foi utilizado a linguagem de programação Python integrada ao modelo de linguagem de grande escala Perplexity AI (PERPLEXITY AI, 2025). As bibliotecas NumPy, Pandas e Matplotlib foram utilizadas para estruturação, análise e visualização dos dados em formato gráfico. O código foi desenvolvido com assistência de inteligência artificial, garantindo padronização visual, precisão nos cálculos estatísticos conformidade com padrões de qualidade para publicações acadêmicas (300 DPI). Todos os gráficos e figuras foram manualmente

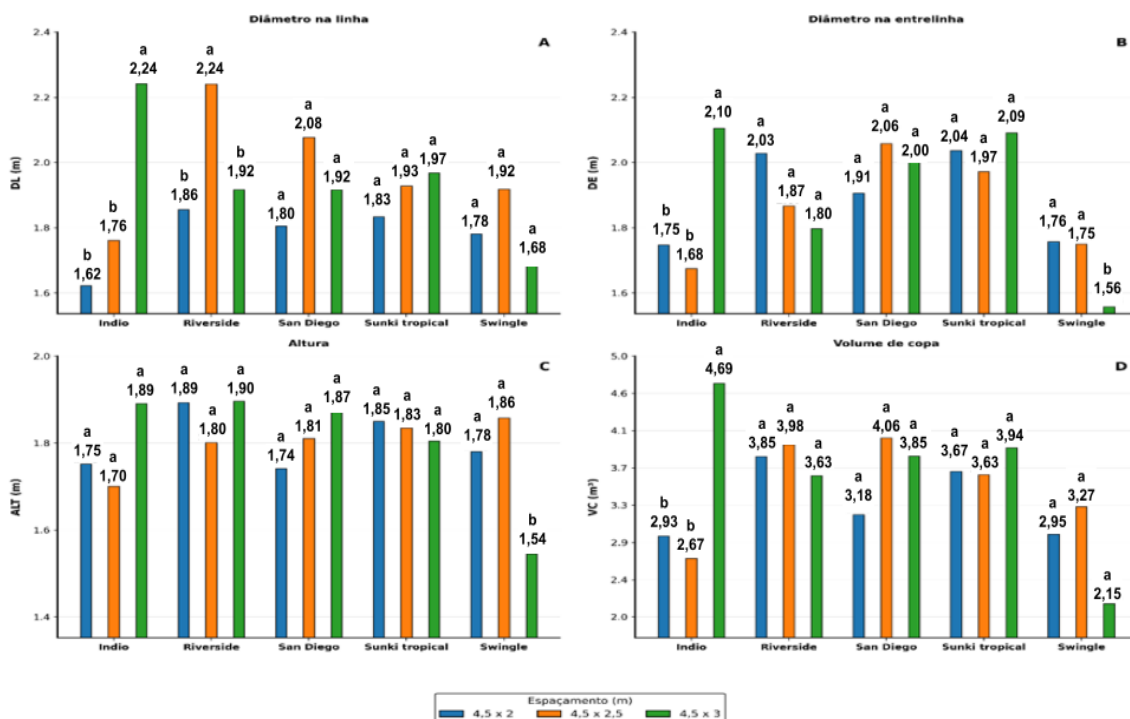
revisados e validados quanto à acurácia dos dados, representatividade visual e aderência aos requisitos de cada tabela de origem antes de sua incorporação ao presente trabalho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características morfoagronômicas

Houve interação significativa entre os porta-enxertos e os espaçamentos adotados, para as características vegetativas, no primeiro ano de avaliação. Quando se adotou porta-enxerto ‘Indio’, observou-se que as plantas do maior espaçamento ( $4,5 \times 3$  m) apresentaram maior diâmetro em linha (Figura 1 A), maior diâmetro em entrelinha (Figura 1 B), o que refletiu em maior volume de copa (Figura 1 D), apesar destas plantas não apresentarem diferenças nas alturas (Figura 1 C). Esse resultado mostra que o comportamento vegetativo das plantas com a adoção do porta-enxerto ‘Indio’ é influenciado pelo espaçamento adotado, sendo que o melhor desenvolvimento foi obtido com a menor densidade (maior espaçamento,  $4,5 \times 3$  m).

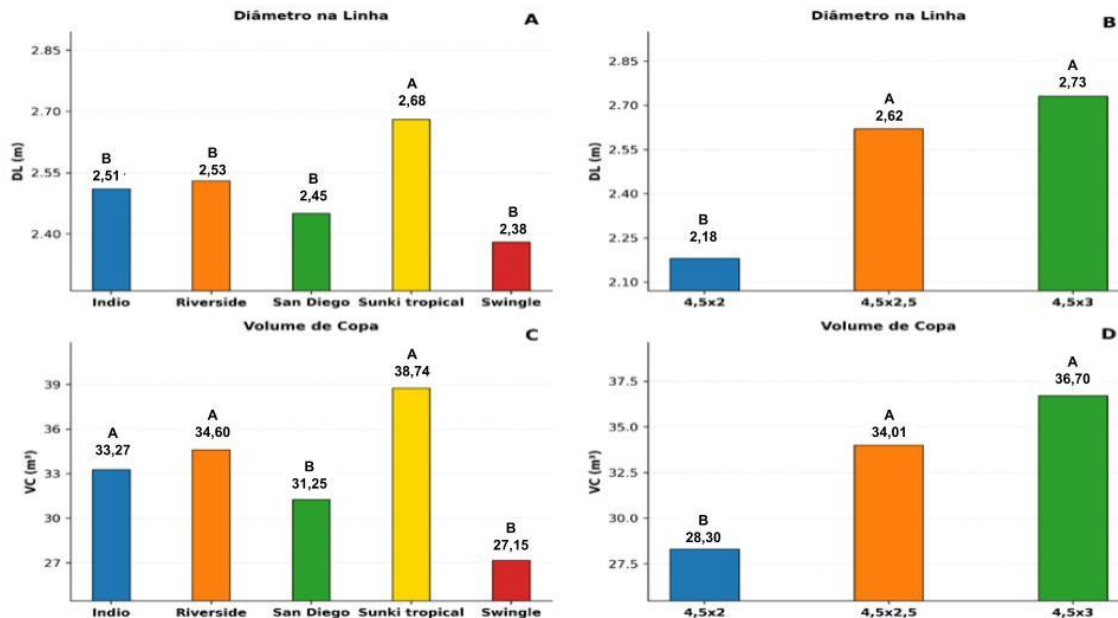
Já o porta-enxerto ‘Riverside’ apresentou comportamento diferente, sendo indiferente aos espaçamentos adotados, quanto ao diâmetro em entrelinha (Figura 1 B), alturas de plantas (Figura 1 C) e volume de copa (Figura 1 D), sendo notada diferenças significativas apenas para o diâmetro em linha (Figura 1 A), onde os maiores valores foram observados com o espaçamento mediano ( $4,5 \times 2,5$  m). Quanto aos demais porta-enxertos (‘San Diego’, ‘Sunki-Tropical’ e ‘Swingle’) o crescimento vegetativo foi indiferente ao espaçamento adotado (Figura 1 A, B, C e D).



**Figura 1.** Diâmetro na linha e na entrelinha, altura e volume de copa em plantas de Laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ a partir da adoção de diferentes porta-enxertos e espaçamentos de plantio. Ano 1 – 2024, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

\*Médias seguidas de mesma letra em minúsculo dentro do mesmo grupo, não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No segundo ano de avaliações, não foram observados efeitos interativos entre os porta-enxertos e os espaçamentos estudados, sobre as características vegetativas das plantas de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’. No entanto, observou-se diferenças entre os porta-enxertos, para o diâmetro na linha (DL) e para o volume de copa (VC), sendo que o ‘Sunki-Tropical’ se destacou, apesar de não ter se diferido em volume de copa do ‘Índio’ e ‘Riverside’ (Figura 2 A 1 C). Também, observou-se efeitos isolados dos espaçamentos, sendo que o menor espaçamento (de  $4,5 \times 2$  m) foi o que proporcionou as menores medidas de DL (2,18 m) e VC ( $28,30 \text{ m}^3$ ), não havendo diferença entre os outros dois (Figura 2B e D).



**Figura 2.** Diâmetro na linha (A e B) e volume de copa (C e D) em plantas de Laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ a partir da adoção de diferentes portas enxertos e espaçamentos de plantio. Ano 2 – 2025, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O menor diâmetro na linha e menor volume de copa no espaçamento mais adensado ( $4,5 \times 2$  m) pode ser atribuído a intensa competição das plantas por recursos como água, luz e nutrientes (TAIZ et al., 2021). A limitação de espaço e a competição por recursos entre plantas em sistemas adensados levam a um efeito de “platô” de crescimento vegetativo, apresentando uma tendência de redução do crescimento vegetativo a medida em que se aumenta a densidade, o que já foi observado em plantas jovens de laranjeira Valência (HAMIDO e MORGAN, 2020). Ressalta-se que, nas condições do local de estudo, caracterizadas por irrigação e adubação adequada, esses fatores exercem influência reduzida. Contudo, em sistemas de cultivo em sequeiro, a competição entre plantas constitui aspecto crítico a ser considerado.

O padrão inversamente proporcional nos demais espaçamentos é esperado como uma “máxima” ecofisiológica na resposta das plantas ao adensamento, onde a tendência é que haja maior crescimento vegetativo à medida que a densidade é menor (ROUT et al., 2025).

Quanto ao que observado para os porta-enxertos, porta-enxertos como o ‘Swingle’ induzem baixa frequência de lançamento de novos fluxos vegetativos quando comparadas a outros porta-enxertos mais vigorosos, devido a respostas fisiológicas induzidas por características do porta-enxerto (CARVALHO et al., 2022). Outro fator de relevância é o fato de diversos clones de laranjeira ‘Pera’ apresentarem sintomas de incompatibilidade quando enxertadas sobre citrumelo ‘Swingle’, podendo influenciar no desenvolvimento vegetativo a longo prazo (POMPEU JUNIOR, 2022; POMPEU JUNIOR & BLUMER 2014). Em situações de incompatibilidade, essa limitação se intensifica significativamente, resultando em plantas com volume de copa reduzido e desenvolvimento prejudicado. Esse fenômeno está associado a respostas fisiológicas anormais na translocação de hormônios promotores de crescimento e redução da capacidade de particionamento de assimilados (CARVALHO et al., 2022; WANG et al., 2025).

Uma das formas de contornar o problema da incompatibilidade consiste na técnica da interenxertia, utilizando de um material compatível entre a copa e o porta-enxerto. Dessa a planta irá apresentar no caule, três segmentos, como por exemplo, copa de laranjeira ‘Pera’, interenxerto de laranjeira ‘Valencia’ e porta-enxerto de citrumelo ‘Swingle’ (GIRARDI et al., 2021a)

Isso ajuda a compreender o comportamento observado para volume de copa tanto, para ‘Swingle’ quanto para ‘Sunki-Tropical’. O porta-enxerto mais vigoroso, como o ‘Sunki-Tropical’, faz com que ele induza mais fluxos vegetativos, culminando em maior volume de copa, enquanto que um menos vigoroso, como ‘Swingle’ lança menos fluxos vegetativos, e isso acaba por influenciar no menor volume de copa. Cabe ressaltar, que o porta-enxerto ‘Swingle’ um dos seus pais é o *P. trifoliata*, que é conhecido por ser um porta-enxerto que induz características ananizantes, portanto, pode se esperar que parte dessa característica também possa ser manifestada pelo ‘Swingle’, levando a um comportamento semi-ananizante resultando em plantas menores (MATTOS JUNIOR, 2005).

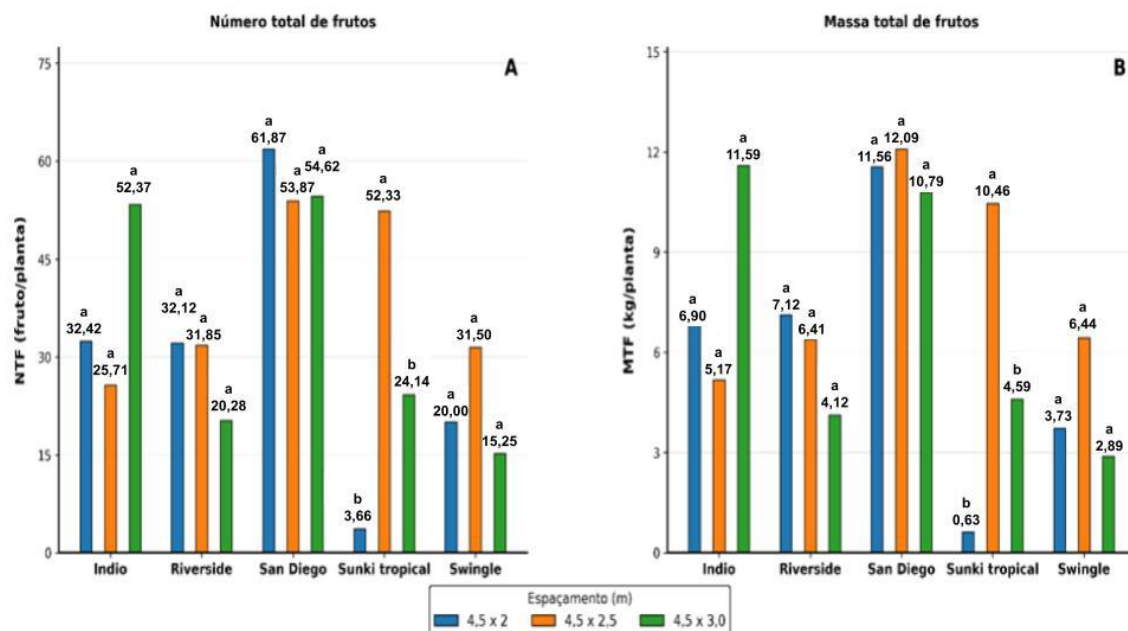
Os maiores valores para o diâmetro na linha e volume de copa de plantas sobre ‘Sunki-Tropical’ tornam esse porta-enxerto uma alternativa com um manejo um pouco mais complexo em comparação com as outras. Plantas mais vigorosas e com maior desenvolvimento vegetativo podem atrapalhar o desenvolvimento de plantas na mesma linha e ainda, a alta densidade levar ao sombreamento das demais, levando ao comprometimento da sua produtividade por limitação de incidência de luz, prejudicando a fotossíntese (TAIZ et al., 2021; MATTOS JUNIOR et al., 2005).

Um fato interessante foi observado no porta enxerto ‘San Diego’ que apresentou menor volume de copa quando comparado com o ‘Índio’ e ‘Riverside’, apesar de todos serem citrandarins, portanto, geneticamente próximos. Como os citrandarins também são híbridos de *P. trifoliata*, o comportamento do ‘San Diego’ pode estar relacionado com a indução de característica semi-ananizante, que, inclusive, é desejável pensando em plantios adensados (CARVALHO et al., 2016; CARVALHO et al., 2021). Já foi observado que porta-enxertos que induzem característica semi-ananizante, como híbridos de *P. trifoliata*, apresentam resposta de menor crescimento, mesmo com o aumento de espaçamento, quando comparados a porta-enxertos mais vigorosos como é o caso do ‘Sunki-Tropical’ (HAYAT et al., 2022).

Além disso, a manutenção de volume de copa reduzido mesmo também foi observada em copas de laranja doce enxertadas sobre ‘San Diego’ em sistema de produção mecanizado no sul da Bahia (BUFFON et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2024).

Analisando as variáveis produtivas, o primeiro ano, nota-se que somente o porta-enxerto ‘Sunki-Tropical’ apresentou variações em função do espaçamento adotado, com destaque para o espaçamento de 4,5 × 2,5 m que proporcionou maior número total de frutos (NTF) e massa total de frutos (MTF). Para os demais porta-enxertos não há

diferença para essas variáveis produtivas, em função do espaçamento adotado (Figura 3 A e B)



**Figura 3.** Número (A) e massa total de frutos (B) de copas de Laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ a partir da adoção de diferentes portas enxertos e espaçamentos de plantio. Ano 1 – 2024, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

\*Médias seguidas de mesma letra em minúsculo dentro do mesmo grupo, não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

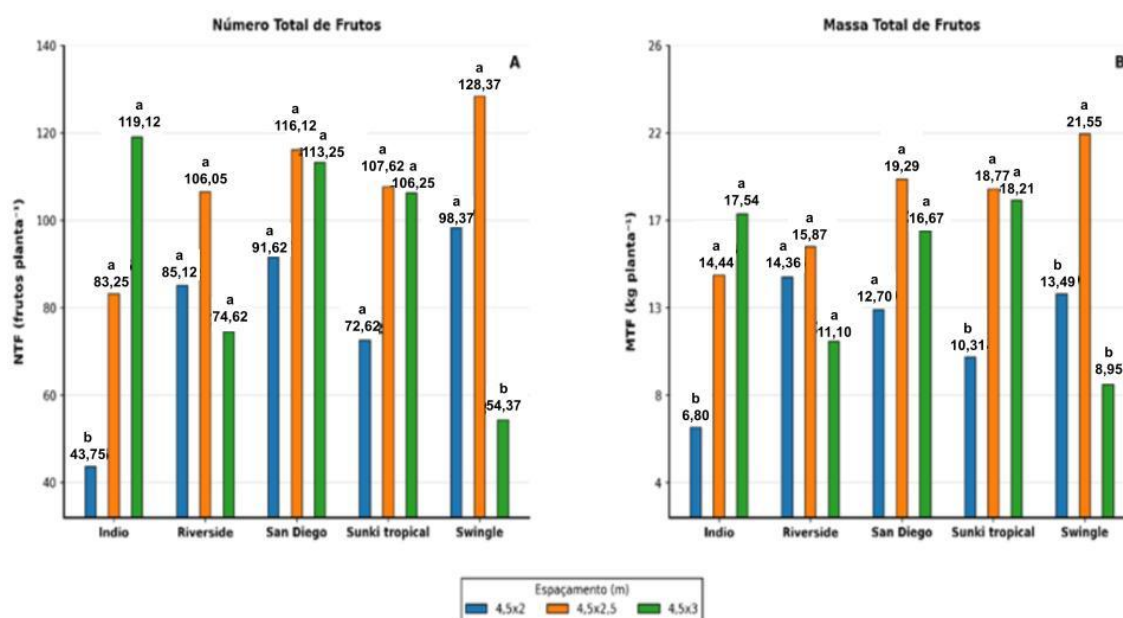
No segundo ano de avaliação, já se percebeu uma resposta diferente que a observada no primeiro ano, pois outros porta-enxertos apresentaram variações em função do espaçamento adotado. Notou-se que utilizando o porta-enxerto ‘Indio’, houve queda no número total de frutos (NTF) e massa total de frutos (MTF) quando se adotou o menor espaçamento ( $4,5 \times 2$  m), o que não ocorreu com o uso de espaçamento mediano ( $4,5 \times 2,5$  m) ou maior ( $4,5 \times 3$  m) (Figura 4 A e B), demonstrando que, ao longo do tempo, o espaçamento mais adensado, utilizando este porta-enxerto, pode reduzir o desempenho produtivo da laranjeira ‘Pera’.

Para o ‘Swingle’, também houve variação para NTF e MTF em função dos espaçamentos, no entanto, o melhor desempenho foi notado com o espaçamento mediano ( $4,5 \times 2,5$  m) (Figura 4 A e B), demonstrando que, ao longo do tempo, a adoção de espaçamento mais adensado ou muito aberto, podem diminuir o desempenho produtivo

da laranjeira ‘Pera’. No espaçamento mais adensado ( $4,5 \times 2$  m), a proximidade excessiva entre plantas intensifica a competição por luz, água e nutrientes, reduzindo a eficiência individual. No espaçamento mais aberto ( $4,5 \times 3$  m), o menor número de plantas por hectare resulta em subutilização da área, levando a um efeito de diluição que reduz a produção total por unidade de área. O espaçamento intermediário representa o equilíbrio ótimo entre essas limitações, permitindo adequada penetração de luz, disponibilidade de recursos e máximo aproveitamento do espaço cultivado.

Já para o ‘Sunki-Tropical’, houve variação somente para o MTF, com menores valores observados com o menor espaçamento ( $4,5 \times 2$  m) (Figura 4 B), repetindo o que foi observado no ano 1. No entanto, para o NTF (Figura 4 A) não houve mais diferença, isso mostra que, ao longo de tempo, o desempenho produtivo da laranjeira ‘Pera’ pode melhorar, mesmo em espaçamentos mais adensados.

Os porta-enxertos ‘San Diego’ e ‘Riverside’ não apresentaram variações para NTF e MTF em função dos espaçamentos (Figura 4 A e B), mantendo o comportamento apresentado no primeiro ano de avaliação, o que pode indicar uma capacidade de manutenção do desempenho produtivo da laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’, ao longo do tempo, mesmo em espaçamentos mais adensados



**Figura 4.** Número e massa total de frutos de copas de Laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ a partir da adoção de diferentes portas enxertos e espaçamentos de plantio. Ano 2 – 2025, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

\*Médias seguidas de mesma letra em maiúsculo entre grupos e minúsculo dentro do mesmo grupo, não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com base nos resultados apresentados, os porta-enxertos ‘San Diego’ e ‘Riverside’ apresentaram maior desempenho da capacidade produtiva da laranjeira ‘Pera’ nas condições observadas, resultado também já observado com o ‘San Diego’ em laranjeira ‘Valência’ (MARTIN et al., 2019). Outro fato interessante é que o porta-enxerto ‘Indio’, ainda não apresentou desempenho comparável aos demais para as variáveis produtivas (NTF e MTF), nessas condições de estudo, porém, este porta-enxerto tem potencial, pois foi o que promoveu os maiores índices acumulados para desempenho de laranjeira ‘Pera’, ao longo dos anos, sem relatos de sintomas de incompatibilidade, dentre nove porta-enxertos testados no estado do Acre (RODRIGUES et al. 2019a).

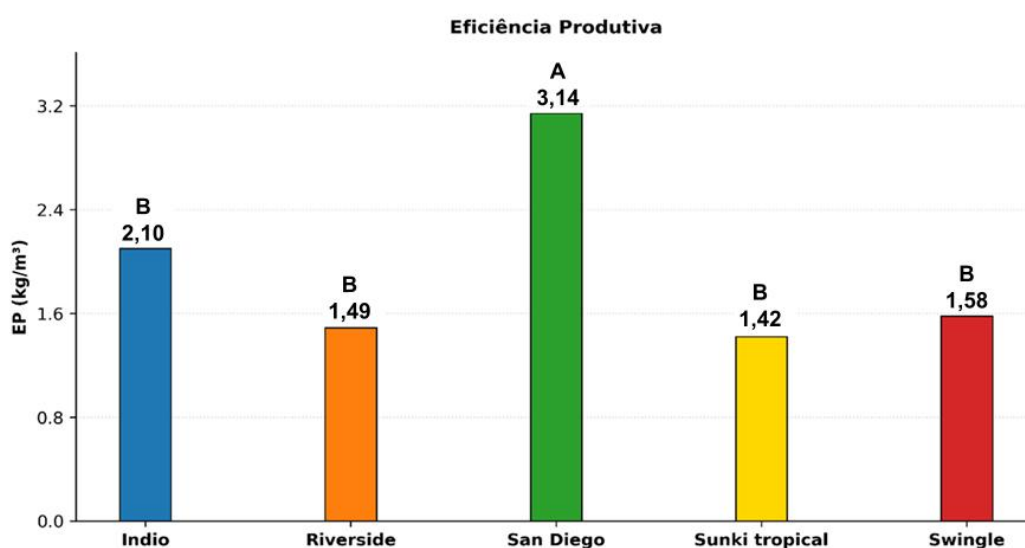
É conhecido que o sucesso no desempenho da copa promovido pelo porta-enxerto é reflexo da interação genótipo e ambiente, (YOKOMIZO et al., 2025), portanto, é necessário considerar, não somente as médias de desempenho pontuais (no ano), mas também considerar o desempenho produtivo ao longo dos anos, neste sentido, o ‘San Diego’ e ‘Riverside’ se destacaram até o momento.

O desempenho observado em plantas sobre o ‘San Diego’ pode sugerir uma certa capacidade de compensação de densidade, isto é, mantém uma carga de frutos praticamente constante independentemente da competição imposta pelo espaçamento. Um estudo de Júnior e Blumer (2011), com laranjeira ‘Valência’ sobre citrumelos e limoeiro ‘Cravo’ pode ajudar a compreender. Embora este estudo não avalie citrandarins especificamente, o princípio subjacente é que porta-enxertos que induzem plantas menores ou moduladas em vigor conseguem manter eficiência produtiva elevada através de uma partição de assimilados prioritária para reprodução, dessa forma, o ‘San Diego’, sendo um porta-enxerto com vigor semi-moderado, parece ter desenvolvido esta estratégia de forma particularmente efetiva no primeiro ano, e a manutenção dessas características no segundo ano evidenciam que o ‘San Diego’ se mostrou uma promissora alternativa independente do espaçamento.

Contudo, o número e massa total de frutos não devem ser utilizados isoladamente para definir as melhores combinações entre copa, porta-enxerto e espaçamento. Outras variáveis devem ser analisadas como principalmente a eficiência produtiva, que levará em conta dados sobre a massa total de fruto e as características vegetativas para definir o rendimento por unidade de área, ou seja, a produção por volume de copa. Além disso,

características relativas à qualidade como o teor de sólidos solúveis, acidez, *Ratio* e rendimento de suco também são importantes para definir as melhores combinações.

Sendo assim, foi avaliada a Eficiência Produtiva (EP) no primeiro ano e não houve interação significativa entre os porta-enxertos e os espaçamentos adotados. No entanto, houve diferença de EP entre os porta-enxertos, independentemente do espaçamento adotado. O porta-enxerto ‘San Diego’ destacou-se por promover a maior eficiência produtiva da laranjeira ‘Pera’, apresentando valores consideravelmente superiores aos demais, com eficiência 121,1% maior que a do ‘Sunki-Tropical’, 110,7% superior à do ‘Riverside’, 98,7% acima da do ‘Swingle’ e 49,5% superior à do ‘Indio’ (Figura 5).

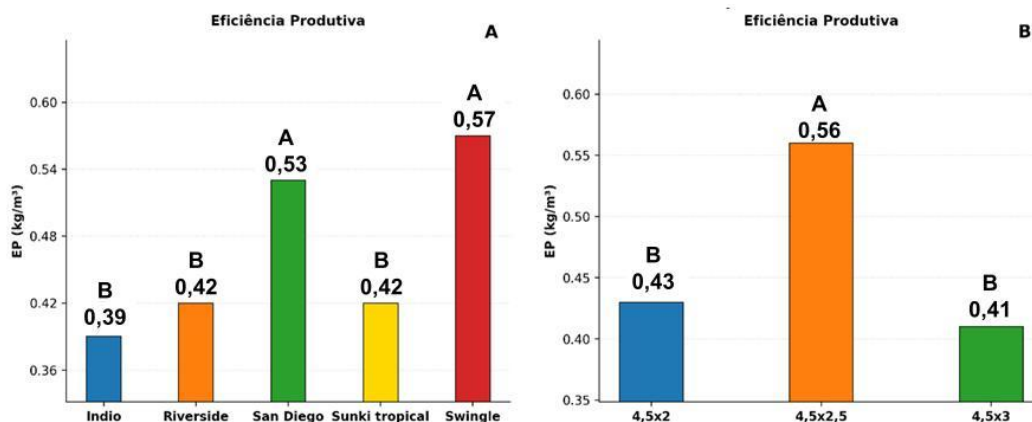


**Figura 5.** Eficiência Produtiva de copas de Laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’, a partir da adoção de diferentes porta-enxertos. Ano 1 – 2024, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Já no segundo ano (2025), houve diferença de EP entre os porta-enxertos e os espaçamentos adotados, mas não houve efeito interativos entre eles. Sendo assim, observando a EP promovida pelos porta-enxertos, independentemente do espaçamento adotado. Cabe ressaltar que a EP foi menor no segundo ano em comparação ao primeiro devido ao aumento do volume de copa das plantas (Figura 2 C e D). Dessa forma, é esperado que haja uma diminuição da EP proporcional ao aumento do volume nos primeiros anos, o que se ajusta nos anos seguintes.

Observou-se que as plantas enxertadas sobre ‘Swingle’ e ‘San Diego’ apresentaram os maiores valores de EP superando os demais porta-enxertos, que não diferiram entre si (Figura 6A). O porta-enxerto ‘Swingle’ proporcionou valores aproximadamente 46,2% superiores aos do ‘Índio’ e 35,7% maiores que os de ‘Riverside’ e ‘Sunki-Tropical’. De forma semelhante, o ‘San Diego’ apresentou eficiência 35,9% superior à do ‘Índio’ e cerca de 26,2% maior que as de ‘Riverside’ e ‘Sunki-Tropical’. Este resultado ressalta a capacidade bom desempenho promovido pelo ‘San Diego’. Apesar de os resultados indicarem que o ‘Swingle’ pode aumentar EP longo de tempo, deve-se atentar ao fato da incompatibilidade entre a copa e este porta-enxerto ao longo dos anos do ciclo de cultivo. Dessa forma, é importante realizar o monitoramento contínuo de sintomas de incompatibilidade, como necrose na zona de enxertia, descontinuidade vascular progressiva, redução inexplicada de produção, em avaliações subsequentes, visto que sinais de incompatibilidade podem se intensificar com a idade das plantas (CARVALHO et al., 2022).



**Figura 6.** Eficiência Produtiva de copas de Laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’, a partir da adoção de diferentes porta-enxertos e espaçamentos de plantio. Ano 2 – 2025, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Plantas de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ enxertadas sobre o ‘San Diego’ apresentam copas de menor porte e elevada carga de frutos, o que resulta em alta eficiência produtiva, mantida de forma estável desde as primeiras safras até pomares com 21 anos de idade (CARVALHO et al., 2016; CARVALHO et al., 2020; CARVALHO et al., 2021). Essa elevada eficiência produtiva depende de fatores como a fisiologia do porta-enxerto, a interação entre genótipo e ambiente e sua capacidade de adaptação a condições estressantes (YOKOMIZO et al., 2025; SAMPAIO et al., 2021; DOMINGUES et al., 2020).

É conhecido que citrandarins possuem um mecanismo fisiológico que induz a condensação da produção de frutos em menores volumes de copa, o que resulta numa arquitetura reduzida da planta e altas eficiências produtivas, o que já foi observado em copas de laranjeira ‘Pera’, ‘Valência’, ‘Hamlin’ e ‘Natal’ (DEVITE et al., 2025; OLIVEIRA et al., 2024). Porta-enxertos que induzem arquiteturas reduzidas e alta eficiência produtiva permitem a adoção de sistemas de cultivo mais adensados, resultando em maior produtividade em função do aumento do número de plantas por hectare (AULER et al., 2008). Nesse contexto, destaca-se o potencial do ‘San Diego’ como porta-enxerto, uma vez que há indicação de que esse padrão de elevada eficiência produtiva tende a se manter ao longo da vida útil do pomar, e não apenas nos anos iniciais de produção (CARVALHO et al., 2021).

A alta eficiência produtiva das plantas sobre ‘Swingle’ no segundo ano (Figura 6A) é consistente com dados obtidos por Pompeu Junior & Blumer (2011), que reportaram que citrumelos alcançam eficiências 8,8-10 kg/m<sup>3</sup>, em plantas já estabelecidas, sem diferir das altas eficiências observadas em plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’. A produtividade acumulada de copas de laranjeiras-doce sobre porta-enxertos semi-ananícantes tende a aumentar ao longo dos anos, destacando-se entre eles o ‘Swingle’ como um porta-enxertos que induz altos rendimentos de frutos por sucessivas safras (GIRARDI et al., 2021b; VITÓRIA et al., 2024).

Por outro lado, a baixa eficiência produtiva observada nas plantas enxertadas sobre ‘Sunki-Tropical’ pode estar associada ao excesso de crescimento vegetativo e não à menor produção de frutos por planta (FRANÇA et al., 2016). Isso vale para o comportamento visto nos citrandarins ‘Indio’ e ‘Riverside’, pois o número total e massa de frutos foi bem parecido com os demais porta-enxertos (Figura 4 A e B), contudo, essas combinações apresentaram o maior volume de copa no segundo ano (Figura 2 C), fazendo

com que, apesar da produção de frutos ser comparável aos demais porta-enxertos, a relação por  $m^3$  de copa fosse mais baixa.

O porta-enxerto tem influência sobre o tamanho ou volume que induz à variedade copa, e há a tendência de copas menores apresentarem menor quantidade de frutos por planta, porém em contrapartida produzir maior relação de frutos por unidade de volume de copa, isto é, uma alta eficiência produtiva, e altas eficiências produtivas levam a aumentos na produtividade por área cultivada (CARVALHO et al., 2016; LIMA et al., 2014). Porta-enxertos que proporcionam alta eficiência produtiva de frutos em associação com reduções no tamanho da copa são ideais para serem usados em plantios de altas densidades de plantas por hectare, uma vez que uma área menor será cultivada, porém com mais plantas e com alta eficiência (BUFFON et al., 2021).

Quanto a EP obtida em função dos espaçamentos, independente do porta-enxerto utilizado, duas observações importantes devem ser pontuadas: a alta eficiência apresentada no espaçamento de  $4,5 \times 2,5$  m (36,6% maior que  $4,5 \times 2$  e 30,2% maior que  $4,5 \times 3$ ) fornece um bom indicativo positivo para justificar um adensamento moderado (899 plantas/ha) favorecendo o equilíbrio entre produtividade e aproveitamento do espaço. Mesmo com o adensamento não houve perda de eficiência produtiva nos primeiros anos para os demais espaçamentos estudados. Contudo, é importante ressaltar que esse comportamento foi em plantas jovens, e uma vez que, com o avanço do crescimento e o aumento do sombreamento, os efeitos de competição no adensamento podem se intensificar, alterando a eficiência ao longo do tempo. Por outro lado, o espaçamento mais amplo ( $4,5 \times 3$  m) resulta em menor número de plantas por hectare, reduzindo o volume produtivo total e configurando um efeito de diluição na produtividade por área.

Considerando a EP de  $0,41 \text{ kg/m}^3$  (Figura 6B) e o volume de copa de  $36,7 \text{ m}^3$  (Figura 2D), cada planta no espaçamento de  $4,5 \times 3$  produziu em média de 15,04 kg, o que considerando a densidade de 740 plantas por hectare resultaria numa produtividade de 11,13 t/ha de frutos. Agora, considerando a eficiência de  $0,43 \text{ kg/m}^3$  de copa (Figura 6B), um volume médio de copa de  $28,3 \text{ m}^3$ , cada planta espaçada a  $4,5 \times 2$  produziu 12,17 kg de frutos, o que considerando a densidade, resultaria numa média de 13,52 t/ha de frutos, um incremento de 2,39 t/ha possibilitado pelo aumento da densidade de plantio.

Já considerando os dados referentes ao espaçamento de  $4,5 \times 2,5$  m, uma EP de  $0,56 \text{ kg/m}^3$  e VC de  $34,01 \text{ m}^3$ , resultaria numa produção média de 19 kg/planta, a uma densidade de 889 plantas por hectare resultaria numa produtividade média de 16,89 t/ha

para plantas de quatro anos de idade. A partir dessas observações, fica evidente que para as condições avaliadas, o adensamento do plantio foi positivo do ponto de vista produtivo, o que chama a atenção do produtor rural.

Ainda na década passada, Carvalho et al. (2005), projetava que o futuro do cenário produtivo da citricultura previa o uso de espaçamentos mais densos de plantio, facilitando operações como a colheita, aplicação de insumos como fertilizantes e defensivos e de tratamentos culturais em geral como a poda, sendo reforçado futuramente por Santos et al. (2016). Diante disso, outras vantagens do adensamento foram estudadas focando em outros aspectos da citricultura e não somente na produção.

Nesse contexto, diante da principal ameaça da citricultura mundial, o Citrus Huanglongbing (HLB), ou Greening dos Citros (*Candidatus liberibacter*), Moreira et al. (2019) sugeriram que adensamento de plantios de citros surge como uma estratégia epidemiológica complementar para o manejo do HLB, desde que associado ao manejo rigoroso do vetor e erradicação de plantas sintomáticas. A explicação proposta baseia-se no conceito de “diluição da doença”. Isso significa que em áreas endêmicas nas quais o componente de infecção primária por psilídeos vetores (*Diaphorina citri*) migrantes de fora da fazenda é dominante, o número de vetores que penetra no pomar tende a ser relativamente constante por unidade de área, dessa forma, a taxa de infecção primária é a mesma. Porém, em altas densidades, a taxa de infecção frente a mais árvores resulta numa proporção menor de plantas infectadas. Em baixas densidade ocorre o oposto, a mesma taxa de infecção resulta numa proporção maior de árvores infectadas. Uma breve analogia que pode ser feita é a seguinte: se dez psilídeos infectados entram num pomar com 100 plantas (densidade baixa) isso significa que 10% das plantas estão expostas. Mas se os mesmos dez psilídeos entram num pomar com 200 plantas, apenas 5% das árvores estarão expostas.

Além disso, como o manejo químico intensivo impede ou minimiza a transmissão secundária dentro do pomar, a maior proximidade entre plantas em sistemas adensados deixa de ser um fator de amplificação da epidemia e passa a atuar sobretudo como mecanismo de “diluição” do inóculo primário, sobretudo em talhões de bordadura, historicamente mais expostos à entrada de psilídeos oriundos de áreas vizinhas sem manejo. Dessa forma, o adensamento, longe de ser apenas uma estratégia para elevar produtividade por área, também assume uma função fitossanitária, contribuindo para retardar o avanço da doença (MOREIRA et al., 2019).

Isso ocorre principalmente pois a proporção de árvores erradicadas (roguing) é significativamente menor que em talhões menos densos, tornando a erradicação relativamente menos onerosa e preservando um maior número de plantas produtivas. Dessa forma a fração do pomar que precisa ser erradicada ao longo do tempo é reduzida, aumentando a vida útil e a viabilidade econômica de pomares em regiões onde o HLB já está estabelecido (MOREIRA et al., 2019).

O adensamento, quando associado à seleção de porta-enxertos menos vigorosos ou potencialmente tolerantes ao HLB (como o ‘Swingle’), pode representar uma estratégia integrada de manejo. Essa combinação pode unir o benefício epidemiológico da diluição da doença em sistemas de alta densidade às características fisiológicas do porta-enxerto, que contribuem para reduzir a infecção. Em regiões com HLB endêmico, a adoção do adensamento deve ser precedida de uma seleção criteriosa do porta-enxerto, visto que ele constitui um componente essencial dessa estratégia de manejo (GIRARDI et al., 2021b).

Vale ressaltar que se deve ter cautela, pois plantios muito adensados podem implicar em competição entre as plantas por água, luminosidade e nutrientes, levando a limitação o seu desenvolvimento das plantas (SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017). Portanto, o manejo adequado dos tratos culturais, adubações e controle fitossanitário somados a adoção de porta-enxertos que apresentaram altas eficiências produtivas como o ‘San Diego’ e o ‘Swingle’ aliada uma maior densidade de plantio bem planejada é o caminho ideal para a maximização do aumento da rentabilidade por área.

Em espaçamentos mais adensados, há redução na produção de frutos por planta, mas o maior número de plantas por unidade de área compensa essa perda, resultando em aumento significativo da produtividade por hectare (SOBRINHO et al., 2022; GIRARDI et al., 2021b)

Todavia, deve-se destacar que os dados discutidos no presente trabalho foram obtidos avaliando a produção inicial das plantas. Dessa forma, ainda são necessários estudos de acompanhamento para compreender como a eficiência produtiva acumulada se comporta ao longo dos anos, especialmente quanto à possível interação entre espaçamento e porta-enxerto e seus efeitos sobre o desempenho em longo prazo. Apesar dessa limitação temporal, os resultados apresentados indicam uma tendência promissora para o uso de adensamentos moderados na citricultura.

### Características Físico-Químicas

De maneira geral, não houve efeitos sobre as características físico-químicas dos frutos de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ em função dos porta-enxertos e espaçamentos utilizados, com exceção para o rendimento de suco, no qual observou-se variação apenas em função do espaçamento.

Essa ausência da influência do porta-enxerto e do espaçamento sobre as variáveis físico-químicas (qualidade dos frutos), pode estar relacionada com a complexidade de fatores envolvidos, como a interação entre a copa e o porta-enxerto, que altera a capacidade de absorção de água e nutrientes, além de modular respostas hormonais, refletindo diretamente, por exemplo, na qualidade do suco (LIU et al., 2015; LADO et al., 2018).

Mesmo assim, há de se considerar que com os diâmetros de frutos observados (Tabela 1), estes estariam classificados na cotação ‘B’ da CEAGESP (2011), que compreende frutos entre 65 e 71 mm, onde cerca de 11 a 13 dúzias de frutos seriam encaixados em caixa ‘M’. Diferente do observado, de maneira geral, o diâmetro dos frutos tem relação com porta-enxerto utilizado, pois este influencia o metabolismo da planta (LIU et al., 2015). Portanto, se o objetivo é a produção para atender o mercado de frutos *in natura*, tanto a variedade copa, como a variedade porta-enxerto devem ser estudadas para definir a melhor escolha na implantação do pomar.

O diâmetro e a massa dos frutos estão intimamente relacionados ao seu tamanho e exercem papel determinante em seu destino comercial. De modo geral, frutos de tamanho médio à grande são preferencialmente direcionados ao mercado *in natura*, que exige elevados padrões de qualidade. Para atender a esses requisitos, os frutos de laranjeira devem apresentar diâmetro médio superior a 70 mm. Já os frutos de menor porte são normalmente destinados à indústria de processamento, especialmente para a produção de suco (DOMINGUES et al., 2003; HUSSAIN et al., 2013).

Os teores de sólidos solúveis dos frutos de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ observados variaram entre 12,45 e 13,20 °Brix e o *Ratio* entre 11,23 e 13,18 (Tabela 1), características relevantes para o consumidor. De acordo com a classificação da CEAGESP (2011), os teores ideais de sólidos solúveis e *Ratio* para o consumo de mesa laranja ‘Pera’ estão entre 9 e 10 °Brix. Os valores altos observados nesse trabalho indicam que os frutos atendem um dos requisitos para serem considerados ideais para o consumo de mesa independente do porta-enxerto e do espaçamento. Contudo, o teor de sólidos

solúveis apenas não é suficiente para tal determinação, sendo necessário também observar a relação entre este com a acidez (*Ratio*).

**Tabela 1.** Características Físico-Químicas de frutos de copas de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’ partir da adoção de diferentes portas enxertos. Ano 2 – 2024, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

Porta-enxerto	DEF (mm) <sup>2</sup>	DLF (mm) <sup>2</sup>	RS (%) <sup>2</sup>	SS (°Brix) <sup>2</sup>	AC <sup>2</sup>	Ratio <sup>2</sup>
<b>Indio</b>	68,78A <sup>1</sup>	66,18A <sup>1</sup>	48,47A <sup>1</sup>	12,63A <sup>1</sup>	1,14A <sup>1</sup>	11,23A <sup>1</sup>
<b>Riverside</b>	67,78A	65,44A	49,63A	12,61A	1,10A	12,14A
<b>San Diego</b>	66,81A	65,07A	48,15A	12,99A	1,03A	13,18A
<b>Sunki-Tropical</b>	68,48A	66,78A	49,22A	12,45A	1,05A	12,30A
<b>Swingle</b>	68,10A	67,16A	45,58A	13,20A	1,20A	11,74A

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Diâmetro equatorial (DEF) e longitudinal (DLF) de fruto, rendimento de suco (RS%), teor de sólidos solúveis (SS), acidez (AC) e *Ratio*.

O teor de sólidos solúveis é uma das principais características utilizadas para determinar a qualidade e o grau de maturidade dos frutos de laranja, estando relacionado com a quantidade de açúcares naturais solúveis em água e influenciando muito no sabor (SILVA et al., 2017; TARANTINO et al., 2018). Além disso, é um critério muito utilizado para diferenciar e selecionar novas cultivares (BEBER, 2013). Durante a maturação dos frutos ocorrem variações na concentração de açúcares, fazendo com que ocorra uma tendência gradual de aumento ou mantenha uma certa constância. Esse aumento ocorre devido à quebra do amido presente nos frutos e a conversão deles em açúcares redutores, ao mesmo tempo que a acidez diminui devido ao consumo dos ácidos orgânicos durante a respiração celular e pela diluição desses ácidos no interior das células devido a absorção de água e expansão do volume celular (ARRUDA et al., 2011; STENZEL et al., 2006; GUPTA et al., 2022).

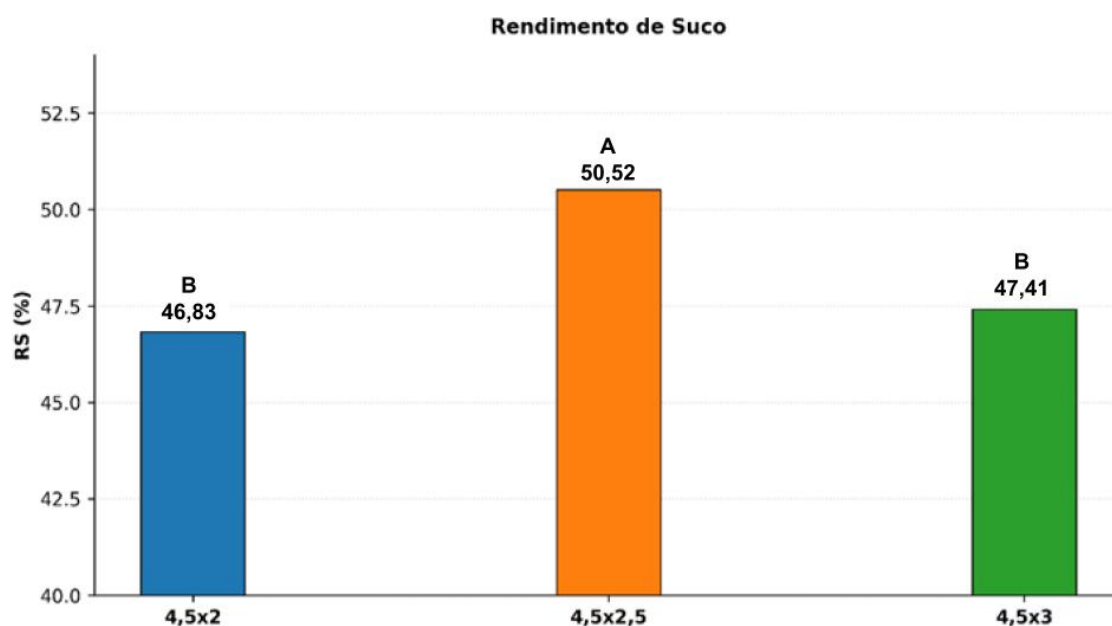
Pequenas variações, inferiores que 1° Brix, no valor mínimo aceitável (9 a 10) não refletem diferença na palatabilidade para a industrialização, porém, essa diferença pode ser percebida no consumo *in natura* (COUTO et al., 2018). Combinações copas e porta-enxerto que produzem frutos com maior °Brix são mais desejáveis pois possibilitam atender tanto ao mercado de fruta fresca como a indústria de suco (MORETTO et al., 2019).

A acidez se relaciona diretamente com o teor de sólidos solúveis para formar o equilíbrio e o sabor do fruto consumido. Os valores ideais para consumo *in natura* devem estar em torno de 0,5% e para industrialização 0,75% de ácido cítrico (RODRIGUES et

al., 2019b). A medida em que aumenta a maturação a acidez do fruto diminui, fator relacionado ao processo de respiração dos frutos, uma vez que se utiliza ácidos orgânicos que são convertidos em açúcares (BEBER et al., 2018), portanto o ponto de colheita é muito importante garantir a qualidade dos frutos. Valores abaixo dessa faixa resultam em frutos sem sabor. Todos os valores de acidez observados ficaram acima desse padrão, variando entre 1,05 e 1,2% de ácido cítrico.

Outra característica importante que determina a qualidade dos frutos é o *Ratio*, sendo essa a mais determinante para definir o ponto de maturação dos frutos e conseqüentemente o período ideal de colheita (COELHO et al., 2019). Frutos destinados ao consumo de mesa não devem apresentar *Ratio* menor que 9,5 (CEAGESP, 2011), enquanto frutos destinados a indústria o ideal é que apresentem valores entre 14 e 16 (SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017). Os valores entre 11,23 e 13,18 observados qualificariam esses frutos como excelentes para o consumo de mesa, contudo, pensando em indústria, eles não ficariam dentro da faixa ideal.

O rendimento de suco foi a única variável que apresentou diferença significativa, variando apenas em função do espaçamento adotado, sendo que houve destaque para o espaçamento mediano ( $4,5 \times 2,5$  m), onde o rendimento médio ficou em torno de 50,52% (Figura 7. De acordo com a CEAGESP (2011), o rendimento mínimo de suco para as variedades de laranja 'Pera' deve ser de no mínimo 45% e todos os porta-enxertos mostraram valores de rendimento dentro dessa faixa.



**Figura 7.** Rendimento de suco de frutos de copas de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’, a partir da adoção de diferentes espaçamentos de plantio. Ano 2 – 2025, Cachoeiro de Itapemirim/ES.

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Diferente do observado, de maneira geral, o rendimento de suco não é significativamente afetado por variações de espaçamento e densidade de plantio. Avaliações em laranja Valência sob sistema tecnificado com irrigação comparando espaçamentos de  $5,5 \times 2,5$  m (727 plantas/ha) e  $6,0 \times 2,5$  m (667 plantas/ha) demonstraram ausência de diferença significativa no rendimento de suco entre espaçamentos, mantendo uma média de 45%, reforçando que este parâmetro é principalmente determinado por fatores genéticos da cultivar de copa (GRIZOTTO et al., 2012). Girardi et al. (2021b) também observaram que a densidade de plantio não afeta significativamente os parâmetros de qualidade, destacando uma influência muito maior dos porta-enxertos que o do espaçamento.

Do ponto de vista econômico, a pouca variabilidade do rendimento de suco em diferentes espaçamentos e o incremento observado no espaçamento 2,5 m entre plantas, somado a maior eficiência produtiva (Figura 5 B), favorece muito o adensamento dos pomares resultando em maior quantidade de frutos por hectare com rendimento de suco equivalente. Assim, em uma densidade de 889 plantas/ha ( $4,5 \times 2,5$  m), espera-se rendimento de suco (45%) similar ao obtido no espaçamento menos adensado ( $4,5 \times 3$  m),

mas em volume total muito superior por hectare pela multiplicação de plantas e frutos. Esta característica torna espaçamentos mais adensados uma estratégia viável para otimização econômica da produção.

## CONCLUSÕES

O citrandarin ‘San Diego’, nas avaliações iniciais de plantio destacou-se como o porta-enxerto de melhor desempenho na produção inicial de laranjeira ‘Pera CNPMF D-6’, apresentando bom desempenho produtivo, volume de copa reduzido, mantendo número e massa de frutos comparáveis aos demais porta-enxertos e eficiência produtiva superior independente do espaçamento.

A adoção do espaçamento de 4,5 × 2,5 m em sistemas não mecanizados, pode significar ganhos em rendimento produtivo, tendo em vista os melhores resultados na eficiência produtiva e no rendimento de suco.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA), à Embrapa Mandioca e Fruticultura.

## REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS. **Painéis de produção**. 2025. Disponível em: <https://abrafrutas.org/paineis-de-producao/>. Acesso em: 12 out. 2025.

ALVES, A. C. D. **Fatores críticos da competitividade da cadeia produtiva dos citros no Litoral Norte / Agreste Baiano: um estudo com foco no elo de produção**. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, BA, 2018.

AMORIM, M. da S.; GIRARDI, E. A.; FRANÇA, N. de O.; GESTEIRA, A. da S.; SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S. Initial performance of alternative citrus scion and rootstock combinations on the northern coast of the state of Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, e-480, 2018.

ARNHOLD, E. **Easyanova: analysis of variance and other important complementary analyses**. Version 11.0. 2014. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/easyanova/easyanova.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2025.

- ARRUDA, M. C.; FISCHER, I. H.; ZANETTE, M. M.; SILVA, B. L.; SANTOS, C. A. J. P. Qualidade físico-química de frutos de laranja 'Valência' provenientes de cultivos orgânicos e convencional. **Citrus Research & Technology**, v. 32, n. 2, p. 103-108, 2011.
- AULER, P. A. M.; FIORI-TUTIDA, A. C. G.; TAZIMA, Z. H. Comportamento da laranjeira 'Valência' sobre seis porta-enxertos no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 229-234, 2008.
- BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A.; PASSOS, O. S.; ATAÍDE, E.; CALGARO, M.; FERREIRA, E. A. F.; MIGUEL, P. A. M. I. G.; CALGARO, M. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Documentos / Embrapa Mandioca e Fruticultura**, n. 208, 2014.
- BEBER, P. M. **Qualidade e maturação de frutos de laranjeiras – doce em Rio Branco, Acre**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre, Rio Branco: UFAC, 2013.
- BEBER, P. M.; ÁLVARES, V. S.; KUSDRA, J. F. Qualidade industrial e maturação de frutos de laranjeiras doce em Rio Branco, Acre. **Citrus Research & Technology**, v. 39, e-1030, p. 1-9, 2018.
- BENNICI, S.; LAS CASAS, G.; DISTEFANO, G.; GENTILE, A.; LANA, G.; DI GUARDO, M.; NICOLOSI, E.; LA MALFA, S.; CONTINELLA, A. Rootstock Affects Floral Induction in Citrus Engaging the Expression of the FLOWERING LOCUS T (CiFT). **Agriculture**, v. 11, n. 2, p. 140, 2021.
- BUFFON, S. B.; ZUCOLOTO, M.; PASSOS, O. S.; BARBOSA, D. H. S. G.; ALTOLÉ, 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, n. 5, e-765, 2021.
- CARVALHO, E. V. D.; CIFUENTES-ARENAS, J. C.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; LOPES, S. A. Vegetative shoot flush dynamics of 'Pera' sweet orange on three rootstock cultivars. **Journal of Citrus Pathology**, v. 9, n. 1, 2022.
- CARVALHO, E. V. D.; CIFUENTES-ARENAS, J. C.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; LOPES, S. A. Vegetative shoot flush dynamics of 'Pera' sweet orange on three rootstock cultivars. *Journal of Citrus Pathology*, v. 9, n. 1, 2022.

CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, L. M. de; TEODORO, A. V.; BARROS, I. de; GIRARDI, E. A.; SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S. Yield, fruit quality, and survival of 'Pêra' sweet orange on eight rootstocks in tropical cohesive soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02151, 2021.

CARVALHO, H. W. L.; DE CARVALHO, L. M.; TEODORO, A. V.; BARROS, I. de; SOARES FILHO, W. dos S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S. Porta-enxertos para laranjeira 'Pera' recomendados para o polo citrícola dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e de Sergipe. **Aracaju**: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2020. 4 p. (Comunicado Técnico, 173).

CARVALHO, L. M. de; CARVALHO, H. W. L. de; SOARES FILHO, W. dos S.; MARTINS, C. R.; PASSOS, O. S. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 132-141, 2016.

CARVALHO, S. A. de; GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. de A. A.; FERRAREZI, R. S.; COLETTA FILHO, H. D. Advances in citrus propagation in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, e-422, 2019.

CARVALHO, S. A.; GRAF, C.C.D.; VIOLANTE, A.R. Produção de material básico e propagação. In: MATTOS JUNIOR, D.M.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico: Fundag, p.281 316, 2005.

CASTLE, W. S. A career perspective on citrus rootstocks, their development, and commercialization. **HortScience**, v. 45, n. 1, p. 11-15, 2010.

CASTLE, W. S.; BOWMAN, K. D.; BALDWIN, J. C.; GROSSER, J. W.; GMITTER JR, F. G. Rootstocks affect tree growth, yield, and juice quality of 'Marsh' grapefruit. **HortScience**, v. 46, n. 6, p. 841-848, 2011.

CHAPARRO-ZAMBRANO, H. N.; VELÁSQUEZ, H. A.; ORDUZ RODRÍGUEZ, J. O. Performance of 'Valencia' sweet orange grafted in different rootstocks, Colombia Tropical Lowland. 2001-2013. **Agronomía Colombiana**, v. 33, n. 1, p. 43-48, 2015.

COELHO, B. E. S.; DUARTE, V. M.; SILVA, L. F. M.; SOUSA, K. S. M.; FIGUEIREDO NETO, A. Atributos físico-químicos de frutos de laranja 'Pêra' produzidos sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.5, n.1. p.128-137, 2019.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Normas de Classificação de Citros de Mesa**. 1. ed. São Paulo: CEAGESP, 2011. 12 p.

CONCEIÇÃO, P. M. da; AZEVEDO, F. A. de; ECKER, G. V.; MORELLI, M.; CRISTOFANI-YALY, M. Physiological quality of citrandarins, *Poncirus trifoliata* and Sunki mandarin seeds. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 4, p. 461-466, 2019.

COUTO, C. A.; SOUZA, E. R. B.; MORGADO, C. M. A.; OGATA, T.; CUNHA JÚNIOR, L. C. Citrus sinensis cultivars: alternatives for diversification of brazilian orchards. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, e-097, 2018.

CUNHA SOBRINHO, A. P.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S. Cultivares porta-enxerto. In: CUNHA SOBRINHO, A. P. et al. **Cultura de Citros**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 233-292.

DEVITE, F. T., BASTIANEL, M., CRISTOFANI-YALY, M., DE SOUZA, A. J. B., GADANHOTO, B. P., COSTA ARANTES, A. C., & DE AZEVEDO, F. A. Performance of Valencia sweet orange grafted onto dwarfing citrandarins. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, p. 1530396, 2025.

DOMINGUES, A. R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; GIRARDI, E. A. Evaluation of high-density planting systems for 'Valencia' sweet orange using different rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109245, 2020.

DOMINGUES, E. T.; TULMANN NETO, A.; POMPEU JUNIOR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MATTOS JUNIOR, D.; FIGUEIREDO, J. O. Seleção de variedades de laranja quanto à qualidade do fruto e período de maturação. **Laranja**, v. 24, n.2, 471-470, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Production quantities of Oranges by country**. Rome, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 26 nov. 2025.

FRANÇA, N. de O.; AMORIM, M. da S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S. Performance of 'Tuxpan Valencia' sweet orange grafted onto 14

rootstocks in northern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, p. 1-9, 2016.

GIRARDI, E. A.; POMPEU JUNIOR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; SOARES FILHO, W. S.; PASSOS, O. S.; CRISTOFANI-YALY, M.; SEMPIONATO, O. R.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; MATTOS, JUNIOR, D.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. A. P.; AYRES, A. J. Guia de reconhecimento dos citros em campo : um guia prático para o reconhecimento em campo de variedades de laranjeira-doce e outras espécies de citros cultivadas no estado de São Paulo e Triângulo Mineiro. Araraquara: Fundecitrus, 158 p. 2021a.

GIRARDI, E. A.; SOLA, J. G. P.; SCAPIN, M. D. S.; MOREIRA, A. S.; BASSANEZI, R. B.; AYRES, A. J.; PEÑA, L. The perfect match: adjusting high tree density to rootstock vigor for improving cropping and land use efficiency of sweet orange. **Agronomy**, v. 11, n. 12, p. 2569, 2021b.

GRIZOTTO, R. K.; SILVA, J. A.; MIGUEL, F. B.; MODESTO, R. T.; VIEIRA JR, J. B. Qualidade de frutos de laranjeira Valência cultivada sob sistema tecnificado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 784-789, 2012.

GUPTA, A. K.; PATHAK, U.; TONGBRAM, T.; MEDHI, M.; TERDWONGWORAKUL, A.; MAGWAZA, L. S.; MISHRA, P. Emerging approaches to determine maturity of citrus fruit. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 19, p. 5245-5266, 2022.

HAMIDO, S. A.; MORGAN, K. T. Effect of various irrigation rates on growth and root development of young citrus trees in high-density planting. **Plants**, v. 9, n. 11, p. 1462, 2020.

HAYAT, F.; LI, J.; IQBAL, S.; PENG, Y.; HONG, L.; BALAL, R. M.; KHAN, M. S.; BILAL, R. M.; ASHRAF, U.; SHENG, O.; CHEN, J. A mini review of citrus rootstocks and their role in high-density orchards. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 2876, 2022.

HUSSAIN, S.; CURK, F.; ANJUM, M. A.; PAILLY, O.; TISON, G. Performance evaluation of common clementine on various citrus rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v.150, p.278-282, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal, 2024. Laranja – Espírito Santo**. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/laranja/es>. Acesso em: 6 fev. 2026.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural – Proater: Cachoeiro de Itapemirim – ES**. Vitória: Incaper, 2020. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/proater>. Acesso em: 12 out. 2025.

LADO, J.; GAMBETTA, G.; ZACARIAS, L. Key determinants of citrus fruit quality: metabolites and main changes during maturation. **Scientia Horticulturae**, v.233, p.238-248, 2018.

LIMA, C. F.; MARINHO, C. S.; COSTA, E. S.; AMARAL, C. O. Qualidade dos frutos e eficiência produtiva da laranjeira ‘Lima’ enxertada sobre ‘Trifoliata’, em cultivo irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 401-405, 2014.

MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D. de; PIO, R. S.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. 929 p.

MOREIRA, A. S.; STUCHI, E. S.; SILVA, P. R.; BASSANEZI, R. B.; GIRARDI, E. A.; LARANJEIRA, F. F. Could tree density play a role in managing Citrus Huanglongbing epidemics? **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 3, p. 268-274, 2019.

MORETTO, K. M. **Estudo sobre uso de novos citrandarins como porta-enxertos para laranja pera**. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras, 2019.

OLIVEIRA, R. P.; SCHWARZ, S. F.; GONZATTO, M. P.; CANTILLANO, R. F. F.; DE CASTRO, L. A. S.; LIMA, A. Y. B.; RIBEIRO, J. A.; GOULART, C. Diferenciação entre as laranjeiras mais cultivadas no Rio Grande do Sul. **Documentos / Embrapa Clima Temperado**, n. 202, 2017.

OLIVEIRA, V. D. S.; ZUCOLOTO, M.; FERREIRA, L. D. S.; BARBOSA, D. H. S. G.; SOARES FILHO, W. D. S.; PASSOS, O. S. Productive performance of sweet orange trees on different rootstocks, in the Extreme South of the State of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 46, e-737, 2024.

PEDROSO, F. K. J. V.; PRUDENTE, D. A.; BUENO, A. C. R.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock-dependent

changes in root growth and carbohydrate availability. **Environmental and Experimental Botany**, v. 101, p. 26-35, 2014.

PERPLEXITY AI. Modelo de linguagem para processamento de dados e assistência em programação. 2025. Disponível em: <https://www.perplexity.ai>. Acesso em: 27 nov. 2025.

PEZZOPANE, J. E. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A. **Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo**. CAUFES, Alegre, ES, 2012.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Citrumelos como porta-enxertos para a laranja 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 105-107, 2011.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para a laranja 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 701-705, jul. 2014.

PREZOTTI, L. C., Gomes, J. A., Dadalto, G. G., & Oliveira, J. D. (2013). Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

RODRIGUES, M. J. D. S.; ANDRADE, R. D. C.; ARAÚJO, S. E. D.; SOARES FILHO, W. D. S.; GIRARDI, E. A.; LESSA, L. S.; ALMEIDA, U. O. D. Performance of 'Valência' sweet orange grafted onto rootstocks in the state of Acre, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e01349, 2019a.

RODRIGUES, M. J. D. S.; DE ARAÚJO NETO, S. E.; ANDRADE, R. D. C.; DOS SANTOS SOARES FILHO, W.; GIRARDI, E. A.; LESSA, L. S.; ALMEIDA, U. O. D.; DE ARAÚJO, J. M. Agronomic performance of the 'Pera' orange grafted onto nine rootstocks under the conditions of Rio Branco, Acre, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-8, 2019b.

ROUT, C. K.; PANDA, P. K.; SETHI, K.; TRIPATHY, P.; CHANDRA, S.; SWAIN, R. K. N.; DORA, D. K.; MOHANTY, K. K. Interaction effect of varieties and plant spacing, under ultra-high-density system, on growth and yield of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Applied Biological Research**, v. 27, n. 2, p. 204–212, 2025.

SAMPAIO, A. H. R.; ALVES, A. A.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. E. O. Sweet orange acclimatization to water stress: a rootstock dependency. **Scientia Horticulturae**, v. 282, p. 110010, 2021.

SANTOS, M. G.; FILHO, W. S. S.; GIRARDI, E. A.; GESTEIRA, A. S.; PASOS, S. O.; FERREIA, C. F. Initial horticultural performance of nine 'Persian' lime selections grafted onto 'Swingle' citrumelo. *Scientia Agricola*. v.73: p109-114. 2016.

SCHINOR, E. H.; CRISTOFANI-YALY, M.; BASTIANEL, M.; MACHADO, M. A. Sunki mandarin vs Poncirus trifoliata hybrids as rootstocks for Pera sweet orange. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 6, p. 190-200, 2013.

SELLAMI, S.; TOUNSI, S. Citrus viroids: characterization, prevalence, distribution and struggle methods. **Journal of New Sciences**, v. 50, 2018.

SILVA, J. F.; ARANTES, L. O.; CERRI NETO, B.; LAVANHOLE, D. F.; COREA, L. Z.; CALATRONI, D.; ARANTES, S. D.; DE LIMA ALVES, F. Avaliação da combinação de diferentes copas de laranjas enxertadas sobre limão-cravo. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO INCA PER, 3., 2018, Vitória. **Anais eletrônicos** [...]. Vitória: Incaper, 2018.

SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. **Citros: do plantio à colheita**. Viçosa –MG: Ed. UFV, 2017, 278p.

SOARES FILHO, W. D. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da; PASSOS, O. S. Tangerineira 'Sunki-Tropical': variedade com maior número de sementes e tolerância à morte súbita dos citros. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2003.

SOARES FILHO, W. S. **Plano estratégico da equipe técnica de citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura 2017-2021**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. 26 p. (Documentos, ISSN 1809-4996).

SOMBRA, K. E. S.; SILVA, A.; UCHÔA, C. D. N.; PASSOS, O.; BASTOS, D. C. Emergência e desenvolvimento inicial de porta-enxertos de citros no Semiárido do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 288-295, abr./jun. 2016.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. D. S.; LEDO, C. A. D. S. Sistema radicular dos citros em Neossolo Quartzarênico dos Tabuleiros Costeiros sob irrigação e sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1373-1381, 2007.

STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; MARUR, C. J.; SCHOLZ, M. B. D. S.; GOMES, J. C. Maturation curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' orange trees. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 63, n. 3, p. 219-225, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2021.

TARANTINO, A.; LOPS, F.; DISCIGLIO, G.; LOPRIORE, G. Effects of plant biostimulants on fruit set, growth, yield and fruit quality attributes of 'Orange rubis®' apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivar in two consecutive years. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 26-34, 2018.

TEODORO, A. V.; CARVALHO, H. W. L. de; BARROS, I. de; CARVALHO, L. M. de; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. dos S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S. Performance of 'Jaffa' sweet orange on different rootstocks for orchards in the Brazilian Northeast. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e01665, 2020.

VITÓRIA, M. F.; SILVA, L. N.; MOREIRA, A. S.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A. Horticultural performance and huanglongbing impact on rainfed Valencia sweet orange grafted onto 16 rootstock genotypes. **Bragantia**, v. 83, e20230153, 2024.

WANG, T.; JIN, Z.; YUAN, Y.; DENG, L.; SUN, G.; HE, S. et al. Interstock-mediated graft incompatibility: insights into photosynthetic pigments, carbohydrates, antioxidant defense systems, and hormones response mechanisms in Citrus. *Plants*, v. 14, n. 4, p. 522, 2025.

YOKOMIZO, G.; GURGEL, F. D. L.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. D. S.; HONGYU, K. Performance of orange graft/rootstock combinations by AMMI analysis in Capitão Poço, Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 47, n. 1, e-882, 2025.

ZEKRI, M.; OBREZA, T. A.; KOO, R. **Irrigation, nutrition, and citrus fruit quality**. Gainesville: University of Florida, IFAS, 2003. 3 p.