

CARACTERIZAÇÃO DOS PORTA-ENXERTOS PINDORAMA E ITAJOBÍ EM  
DIFERENTES ETAPAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DA LIMEIRA ÁCIDA  
TAHITI

**ANTONIO ELISON DA SILVA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO  
CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ  
FEVEREIRO 2026

CARACTERIZAÇÃO DOS PORTA-ENXERTOS PINDORAMA E ITAJOBÍ EM  
DIFERENTES ETAPAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DA LIMEIRA ÁCIDA  
TAHITI

**ANTONIO ELISON DA SILVA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual  
do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das  
exigências para obtenção do título de Mestre em  
Produção Vegetal”

Prof.<sup>a</sup> Orientadora: Cláudia Sales Marinho

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ  
FEVEREIRO-2026

CARACTERIZAÇÃO DOS PORTA-ENXERTOS PINDORAMA E ITAJOBÍ EM  
DIFERENTES ETAPAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DA LIMEIRA ÁCIDA  
TAHITI

**ANTONIO ELISON DA SILVA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual  
do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das  
exigências para obtenção do título de Mestre em  
Produção Vegetal”

Aprovada em 25 de fevereiro de 2026

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **FABIO CUNHA COELHO**  
Data: 03/06/2026 14:46:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Fabio Cunha Coelho, D.Sc. (UENF)**

Documento assinado digitalmente  
 **RAUDIELLE FERREIRA DOS SANTOS**  
Data: 03/06/2026 11:45:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Raudielle Ferreira dos Santos, D.Sc. (UFOPA)**

Documento assinado digitalmente  
 **DENILSON DE OLIVEIRA GUILHERME**  
Data: 03/06/2026 11:49:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Denilson de Oliveira Guilherme, D.Sc. (UCDB)**

Documento assinado digitalmente  
 **CLAUDIA SALES MARINHO**  
Data: 03/06/2026 11:31:08-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Claudia Sales Marinho, D.Sc. (UENF) Orientadora**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

S586

Silva, Antonio Elison da.

CARACTERIZAÇÃO DOS PORTA-ENXERTOS PINDORAMA E ITAJOBÍ EM DIFERENTES ETAPAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DA LIMEIRA ÁCIDA TAHITI / Antonio Elison da Silva. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2026.

60 f.

Bibliografia: 53 - 60.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2026.

Orientadora: Claudia Sales Marinho.

1. Limeira ácida Tahiti.. 2. Citrandarins. 3. Propriedades hidráulicas. 4. Formação de mudas de citros. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

*Um espírito nobre engrandece o menor dos homens.*

“Theodore Roosevelt”

À minha mãe, Maria Iraneide, à minha irmã, Francisca Elyzângela, e ao meu pai,  
Geraldo Miranda da Silva, *in memoriam*.

**Dedico**

## DEDICATÓRIA

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus por toda a saúde e pelas bênçãos em minha vida, e por todas as oportunidades que me concedeu até aqui, ao fim do tão sonhado mestrado.

À minha mãe e à minha irmã, pelo total apoio em toda a minha jornada acadêmica e pessoal, estando ambas sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida. Peço a Deus que lhes conceda sempre saúde e prosperidade. Ao meu pai in memoriam, que hoje não está entre nós, mas sempre foi a base para minha construção como homem.

À minha orientadora, professora doutora Claudia Sales Marinho, por toda a confiança e orientação, que não mediu esforços para a minha formação acadêmica e profissional. Aos meus amigos de laboratório, Raudielle Ferreira, Sydney Galvão, Rachel Martins e John Enzo, por todo o apoio e dedicação durante minha jornada no mestrado e por todos os momentos felizes ao longo desses dois anos.

Quero agradecer também às minhas amigas de longa data, que me proporcionaram momentos inesquecíveis e me fizeram sentir em casa mesmo estando longe: Maria Vitória Neves, Joélen Carla, Alessandra e Ana Paula, às quais desejo sucesso em suas trajetórias acadêmicas e profissionais.

Aos amigos que fiz durante essa jornada de dois anos, aos amigos da Produção Vegetal, da Biotecnologia, do kickboxing e da calistenia, desejo sucesso em suas jornadas de vida, e deixo aqui meu muito obrigado pelos bons momentos.

Muito obrigado a todos. Desejo sucesso a cada um em suas jornadas de vida.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Taxa de germinação (TG), índice de velocidade de germinação (IVG), taxa de poliembrionia dos porta-enxertos (TPE) e número médio de embriões por semente (NMEPS) dos porta-enxertos Pindorama (PD), Itajobi (IT), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD).....         | 20 |
| Tabela 2: Distribuição de sementes de porta-enxertos cítricos em classes de número de embrião por semente (n) .....                                                                                                                                                           | 22 |
| Tabela 3: Porcentagem de plântulas albinas nos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB), N= 100.....                                                                                                                                   | 23 |
| Tabela 4: Condutância hidráulica da raiz – K (A) e K normalizada pela massa seca da raiz – KDRM (B), área foliar – KLA (C) e volume de raiz – KRV (D) dos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), 'Itajobi' (IT), 'Pindorama' (PD) e 'Rubidoux' (RB).....                        | 27 |
| Tabela 5: Número de folhas (NF), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA) massa seca da raiz (MSR) e volume da raiz (VR) dos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) aos 105 DAS29                               |    |
| Tabela 6: Índice de clorofila (CLO), flavonoides (FLA), antocianinas (ANT) e balanço de nitrogênio (INB) nos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) avaliados aos 60 DAT.....                                                        | 31 |
| Tabela 7: Altura, Diâmetro (DIA), número médio de folhas (N°F), índice de área foliar (IAF), comprimento da raiz (CR), volume da raiz (VR), massa seca da raiz (MSR), massa seca do caule (MSC) e massa seca das folhas (MSF), dos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD). ..... | 34 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Mapa de localização da casa de vegetação.....                                                                                                                                                                                                                   | 10 |
| Figura 2: Variação mensal de temperatura do ar no interior da casa de vegetação .....                                                                                                                                                                                     | 11 |
| Figura 3: Mudas seccionadas em altura média de 7 cm – (A) e na altura de 2 cm acima do colo – (B) para avaliação da condutividade hidráulica do caule e condutividade hidráulica do sistema radicular do porta-enxerto Pindorama .....                                    | 14 |
| Figura 4: Mudas seccionadas do porta-enxerto Pindorama-(A). Porta-enxerto dentro da câmara de pressão (Soil Moisture, Califórnia, EUA) - (B) .....                                                                                                                        | 15 |
| Figura 5: Mudas dos porta-enxertos Pindorama, Itajobi, Rubidoux e 'Flying Dragon' aos 105 dias após a semeadura, cultivados em tubetes.....                                                                                                                               | 15 |
| Figura 6: Porta-enxerto Pindorama aos 105 DAS, (A) folhas, (B) caule e (C) sistema radicular separados para avaliações .....                                                                                                                                              | 16 |
| Figura 7: Medidor de área foliar (Leaf Area Meter®;) usado nas avaliações das folhas do terço médio dos porta-enxertos Itajobi (IT), Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD) .....                                                                           | 16 |
| Figura 8: Concentrações de clorofila, flavonoides, antocianinas, balanço de nitrogênio avaliadas nos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD).....                                                                                | 18 |
| Figura 9: Soil Plant Analysis Development (SPAD) utilizado na avaliação dos teores de clorofila nos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD).....                                                                                 | 18 |
| Figura 10: Albinismo em plântulas de porta-enxerto Itajobi (IT) aos 15 DAS ...                                                                                                                                                                                            | 23 |
| Figura 11: Curvas de crescimento da altura dos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD) ao longo de 105 dias após a semeadura ajustadas por regressões quadráticas com p valor < 0,05 .....                                       | 24 |
| Figura 12: Curva média de crescimento do diâmetro dos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD) tomados na região do colo ao longo de 105 dias após a semeadura ajustadas por regressão linear quadrática com p valor < 0,05 ..... | 26 |
| Figura 13: Sistemas radiculares dos porta-enxertos Pindorama, Itajobi, Rubidoux e 'Flying Dragon' cultivados em tubetes, aos 105 dias após a semeadura em tubetes .....                                                                                                   | 27 |

|                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 14: Valores da condutividade hidráulica (K) dos quatro porta-enxertos, normalizados pela raiz- A, área foliar-B, massa seca da raiz- C e volume da raiz - D, avaliados pelo teste de Duncan ( $P \leq 0,05$ )..... | 28 |
| Figura 15: Folha do terço médio dos porta-enxertos, Pindorama (PD), Rubidoux (RB), Itajobi (IT) e 'Flying Dragon' (FD) .....                                                                                              | 30 |
| Figura 16: Índice de clorofila (CLO), flavonoides (FLA), antocianinas (ANT) e balanço de nitrogênio (INB) nos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) avaliados aos 60 DAT.....   | 32 |
| Figura 17: Presença de clorose nas folhas do porta-enxerto Rubidoux .....                                                                                                                                                 | 34 |
| Figura 18: Sistema radicular dos porta-enxertos, Pindorama (PD), Rubidoux (RB), Itajobi (IT) e 'Flying Dragon' (FD) aos 240 dias após o transplântio para os citrovasos .....                                             | 36 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMO.....                                                                                                                                                                                         | ix |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                                                                      | x  |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                                                                                                                  | 1  |
| 2. OBJETIVOS.....                                                                                                                                                                                   | 3  |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA.....                                                                                                                                                                       | 4  |
| 3.1 Aspectos produtivos e cultivares de copa da limeira ácida ‘Tahiti’ [ <i>Citrus x latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] .....                                                                       | 4  |
| 3.2 Características de produção de mudas de citros em viveiros. ....                                                                                                                                | 6  |
| 3.3 Características do ciclo produtivo dos porta-enxertos trifoliateiros Rubidoux, ‘Flying Dragon’ e dos citrandarins ( <i>Poncirus trifoliata</i> x <i>Citrus sunki</i> ) Pindorama e Itajobi..... | 7  |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                                                                                         | 10 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                                                                                     | 20 |
| 6. CONCLUSÕES.....                                                                                                                                                                                  | 37 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                                                                                                     | 38 |

## RESUMO

SILVA, Antonio Elison. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2026. Caracterização dos porta-enxertos Pindorama e Itajobi em diferentes etapas de produção de mudas da limeira ácida Tahiti. Orientadora: Dra. Claudia Sales Marinho.

O Brasil destaca-se como um dos principais produtores de citros no cenário mundial. Dentre os citros cultivados no país, as limeiras ácidas também se sobressaem significativamente na produção nacional. A boa compatibilidade da limeira ácida 'Tahiti' com diversos porta-enxertos tem incentivado o aumento das pesquisas relacionadas à sua produção em diferentes combinações de enxertia. O presente trabalho teve como objetivo a caracterização de dois novos porta-enxertos para a limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus × latifolia* (Yu. Tanaka)], o IAC Pindorama e o IAC Itajobi, com foco em seus principais aspectos embrionários, morfológicos e de vigor nas etapas de produção de mudas. Nesse contexto, foram conduzidos dois experimentos, compreendendo duas etapas de produção de mudas. Os porta-enxertos utilizados foram os citrandarins IAC Itajobi e IAC Pindorama e os trifoliateiros 'Flying Dragon' e *Rubidoux*. As variáveis estudadas foram: taxa de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), taxa de poliembrionia, número médio de embriões, percentual de albinismo, taxa de crescimento, condutividade hidráulica, além dos índices de clorofila, flavonoides e antocianinas. Não houve diferença significativa entre os porta-enxertos quanto ao percentual de germinação. Os maiores valores de IVG, taxa de poliembrionia e número médio de embriões foram verificados para os porta-enxertos IAC Pindorama e IAC Itajobi. O maior percentual de albinismo foi apresentado pelo IAC Itajobi. A menor condutividade hidráulica foi observada nos porta-enxertos 'Flying Dragon' e IAC Itajobi, enquanto as maiores taxas de crescimento em altura, nas duas etapas, foram registradas para os citrandarins 'Pindorama' e 'Itajobi'. Não houve diferença entre os quatro porta-enxertos quanto aos índices de clorofila, antocianinas e balanço de nitrogênio. A maior limitação do porta-enxerto 'Flying Dragon' em seu crescimento resultou na necessidade de maior tempo de viveiro para a formação de porta-enxertos aptos à enxertia. As sementes dos porta-enxertos 'Pindorama' e 'Itajobi' apresentaram melhores características para viveiro quando comparadas aos trifoliateiros. O citrandarim 'Itajobi' constitui uma opção de porta-enxerto com potencial de indução ao nanismo e com maior vigor em viveiro, podendo ser uma opção alternativa ao 'Flying Dragon'.

## ABSTRACT

SILVA, Antonio Elison. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February 2026. Characterization of the Pindorama and Itajobi Rootstocks at Different Stages of Tahiti Acid Lime Seedling Production. Advisor: Dr. Claudia Sales Marinho.

Brazil stands out as one of the main citrus producers worldwide. Among the citrus species cultivated in the country, acid limes also play a significant role in national production. The good compatibility of the 'Tahiti' acid lime with several rootstocks has encouraged the expansion of research related to its production under different grafting combinations. The present study aimed to characterize two new rootstocks for 'Tahiti' acid lime [*Citrus × latifolia* (Yu. Tanaka)], IAC Pindorama and IAC Itajobi, focusing on their main embryonic, morphological, and vigor-related aspects during the seedling production stages. Two experiments were conducted, comprising two stages of seedling production. The evaluated rootstocks were the citrandarins IAC Itajobi and IAC Pindorama, and the trifoliolate oranges 'Flying Dragon' and 'Rubidoux'. The studied variables included germination rate, germination speed index (GSI), polyembryony rate, average number of embryos, percentage of albinism, growth rate, hydraulic conductivity, and chlorophyll, flavonoid, and anthocyanin indices. No significant differences among rootstocks were observed for germination percentage. The highest values of GSI, polyembryony rate, and average number of embryos were observed for the IAC Pindorama and IAC Itajobi rootstocks. The highest percentage of albinism was observed in IAC Itajobi. The lowest hydraulic conductivity was found in 'Flying Dragon' and IAC Itajobi rootstocks, whereas the highest growth rates in height, in both stages, were recorded for IAC Pindorama and IAC Itajobi. No differences were observed among the four rootstocks for chlorophyll, anthocyanin, and nitrogen balance indices. A greater limitation in the growth of the 'Flying Dragon' rootstock was observed, resulting in a longer nursery period required for the production of graftable seedlings. Seeds of the Pindorama and Itajobi rootstocks showed greater viability in the evaluated characteristics compared with the trifoliolate oranges. Furthermore, the citrandarin 'Itajobi' represents a dwarfing rootstock option with greater vigor in the nursery compared to 'Flying Dragon', and may serve as a potential substitute.

## 1. INTRODUÇÃO

A citricultura se destaca dentro da fruticultura mundial, tanto em termos de produção e consumo quanto de comercialização global. Nas últimas décadas, a produção de frutas cítricas tem tido crescimento contínuo, com pequenas oscilações, e a tendência é atingir cerca de 130 milhões de toneladas na produção mundial, o que representa um aumento de 125% em relação à produção global dessas frutas (WORLD CITRUS ORGANISATION, 2025).

O Brasil destaca-se como um dos principais produtores de citros no cenário mundial, possuindo uma ampla diversidade de espécies cítricas cultivadas, com predomínio do cultivo da laranja, e liderança absoluta no mercado de exportação de suco de laranja (Gomes, 2022, FAOSTAT, 2025, IBGE, 2025).

Dentre os citros cultivados no Brasil, além da laranja, as tangerineiras e as limeiras ácidas também se destacam significativamente na produção nacional. A limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus × latifolia* (Yu. Tanaka)] é uma das variedades com cultivo expressivo em diversas regiões brasileiras. Em 2023, a produção foi estimada em 1,7 milhão de toneladas, colhidas em uma área de aproximadamente 66 mil hectares. Os principais estados produtores foram São Paulo, com cerca de 1,19 milhão de toneladas, Minas Gerais, com 104 mil toneladas e o Pará, com 87,8 mil toneladas (CENTRO DE CITRICULTURA SYLVIO MOREIRA, 2021, ComexStat, 2025, IBGE, 2025).

Um dos vários fatores que contribuem para a boa produção da limeira ácida ‘Tahiti’ no Brasil, além das condições climáticas, do manejo e do controle fitossanitário, é a utilização de mudas de elevada qualidade e procedência. A produção de mudas de limeira ácida ‘Tahiti’ no Brasil segue diversas etapas padronizadas em viveiro, como a seleção de sementes de porta-enxertos, a escolha do substrato empregado na produção das mudas, a adoção de irrigação adequada e a seleção das borbulhas das cultivares copa que serão enxertadas. Todo esse processo contribui para a formação de mudas de elevada qualidade, aptas à implantação de pomares comerciais (EMBRAPA, 2023).

Na citricultura brasileira, as copas são selecionadas dentro de suas classificações hortícolas visando ao bom desempenho agrônomo e à qualidade dos frutos. Ao mesmo tempo, os porta-enxertos são selecionados por induzirem características mais favoráveis à copa, além de compatibilidade de enxertia e resistência a fatores bióticos e abióticos (Han, 2019, Rasool, 2020).

Atualmente, no Brasil, há poucas opções de copas da limeira ácida 'Tahiti'. Entre essas cultivares, destacam-se a IAC-5 e a Quebra-galho, ambas comumente enxertadas sobre o limoeiro 'Cravo' (*Citrus x limonia* Osbeck) (EMBRAPA, 2023, IAC, 2023). Novas cultivares de copas como a IAC 10, a BRS EECB Ponta Firme, a BRS Passos, a CNPMF 5059, a CNPMF 02 e a cultivar 'CNPMF 01' têm sido citadas como novas opções para produção dessa cultura, ao mesmo tempo em que novas opções de porta-enxertos vêm sendo propostas (EMBRAPA, 2023, IAC, 2023).

A boa compatibilidade da limeira ácida 'Tahiti' com diversos porta-enxertos, aliada ao lançamento de novas cultivares copa, tem incentivado o aumento das pesquisas relacionadas à sua produção em diferentes combinações de enxertia. Dentre os porta-enxertos que se destacam nesse contexto, encontram-se o citrumelo 'Swingle' (*C. paradisi* × *P. trifoliata*), o 'Flying Dragon' (*P. trifoliata* var. *monstrosa*), os trifoliateiros comuns e os citrandarins 'IAC 1710', 'IAC 1711', além das cultivares mais recentemente lançadas como a 'IAC Itajobi' e a 'IAC Pindorama', citrandarins resultantes do cruzamento entre a tangerineira 'Sunki' (*Citrus sunki* Hort. ex Tan.) e o trifoliateiro comum (Azevedo, 2021).

A escolha adequada do porta-enxerto para a limeira ácida 'Tahiti' é de fundamental importância para sua cadeia produtiva, especialmente quando se considera a necessidade de materiais com boa resistência a períodos de seca, tolerância a pragas e doenças, elevado rendimento de frutos, boa conformação da copa que possibilite adensamento de plantio, maior produção no segundo semestre do ano e facilidade de manejo no viveiro e no campo. Dessa forma, a seleção de novos porta-enxertos deve procurar atender às exigências agronômicas e produtivas esperadas para essa cultura (Albrecht et al., 2020, Bowman et al., 2020, Balfagón et al., 2022), bem como se adequar de forma viável ao sistema de produção de mudas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização de dois novos porta-enxertos indicados para a limeira ácida ['Tahiti' *Citrus* × *latifolia* (Yu. Tanaka)], com foco em seus principais aspectos embrionários, morfológicos e de vigor nas etapas de produção de mudas, da sementeira ao ponto de transplante, e do transplante ao ponto de enxertia, comparando-os com dois porta-enxertos já conhecidos e indicados, sendo estes os trifoliateiros Rubidoux e o Flying Dragon, tendo este último a característica padrão de indução de nanismo às copas.

### 2.2 Objetivos específicos.

Descrever características importantes para a viveiricultura tais como o percentual de germinação, a taxa de poliembrionia, aspectos morfológicos e atípias, o vigor das plantas e o tempo decorrido entre a sementeira e o ponto de transplante e do transplante ao ponto de enxertia.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos produtivos e cultivares de copa da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus x latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]

A lima ácida ‘Tahiti’ [*Citrus x latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] é uma das frutas cítricas de maior destaque no Brasil, devido à sua excelente aceitação na culinária nacional e internacional, para o preparo de bebidas e usos industriais (Bastos et al., 2022).

Devido à grande importância dessa frutífera, no ano de 2022 a produção mundial dos frutos de lima ácida foi em torno de 20 milhões de toneladas, sendo os maiores produtores a Índia (3,5 Mt), o México (2,7 Mt), a China (2,6 Mt), e em quarto lugar, o Brasil (1,6 Mt). A produção da lima ácida ‘Tahiti’ no Brasil, em sua maior proporção, cerca de 82%, está localizada na região Sudeste, especificamente no estado de São Paulo, que é um dos grandes polos citrícolas do país. Nessa região, a lima ácida ‘Tahiti’ integra a base produtiva juntamente com outras frutas, como laranjas e tangerinas (IBGE, 2020, FAOSTAT, 2021).

Boa parte do desenvolvimento produtivo da limeira ácida nos pomares está relacionada à combinação eficiente entre porta-enxerto e copa, ocorrendo uma relação simbiótica que favorece o bom desenvolvimento produtivo da planta e que contribui para a adaptação do conjunto aos fatores externos que podem levar a distúrbios produtivos da planta (Martins et al., 2022).

Atualmente, no Brasil, há uma grande predominância de dois clones principais da limeira ácida ‘Tahiti’ nos pomares, o IAC-5, mais conhecido como ‘Peruano’, e o clone ‘Quebra-galho’, sendo esse último contaminado pela presença do viroide da exocorte. Normalmente, esses clones são enxertados, em sua maioria, sobre o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus x limonia* Osbeck), principalmente por aspectos culturais da citricultura brasileira e pela falta de estudos que visem à variação nas combinações de copa e porta-enxertos nos pomares brasileiros (Stuchi, 2002, Carvalho et al., 2019).

No entanto, novos clones ou cultivares de limeira ácida ‘Tahiti’ vêm sendo avaliados. Entre estes, destacam-se o clone IAC 10, com frutos ovalados e de casca rugosa e sem a presença de sementes, os clones da Embrapa e IAC, a BRS EECB IAC ‘Ponta Firme’, que é um clone livre da tristeza dos citros e da clorose variegada; a cultivar CNPMF 5059, mais intolerante à tristeza dos citros; e a BRS Passos, que responde melhor à indução de florescimento e possui menores taxas de abortamento

floral (IAC, 2021, Embrapa, 2024). As copas da limeira ácida 'Tahiti' anteriormente cultivadas, por muito tempo, foram enxertadas sobre o limoeiro 'Cravo' (*Citrus x limonia* Osbeck.), (Carvalho et al., 2019, Stuchi, 2002). Estudos mais recentes não aconselham o uso do limoeiro 'Cravo' para o IAC-5, pois este induz alto vigor das copas e alta incidência de gomose, levando a grandes perdas produtivas relacionadas a essa doença (Feichtenberger, 2020).

O potencial produtivo das copas é reflexo também da sua interação com os porta-enxertos utilizados. Esses porta-enxertos atuam diretamente nas características da copa, como produtividade, resistência a estresses bióticos e abióticos, na qualidade dos frutos e na época de colheita (Munoz et al., 2021, Bowman e Joubert, 2020).

Estudos realizados por Munoz et al. (2021), e Olibone et al. (2022), ao avaliarem diferentes combinações de porta-enxertos e copas, mostraram que os porta-enxertos afetam diretamente a resistência à seca, a qualidade dos frutos, o tamanho da planta, o peso dos frutos, a quantidade de frutos e a eficiência produtiva da limeira ácida 'Tahiti' em condições tropicais.

Um fator importante a ser considerado na escolha de porta-enxertos, inicialmente utilizados para reduzir o período juvenil das plantas, seria o fato de que a maioria das copas cultivadas não apresenta sistemas radiculares favoráveis, principalmente em relação aos fatores bióticos e abióticos. Os fatores abióticos que mais prejudicam o desenvolvimento do sistema radicular dos citros são o estresse hídrico, a salinidade, a variação de pH, enquanto os bióticos de maior relevância são aqueles promovidos por vírus, viroides, podridões radiculares e outros problemas de etiologia desconhecida. Portanto, é de grande importância a escolha de cultivares de porta-enxertos que atuem em simbiose, de modo a permitir a exploração agrícola com maior precisão na quantidade e qualidade da produção (Bowman e Joubert, 2020).

Na citricultura brasileira, o porta-enxerto com maior período de uso é o limoeiro 'Cravo' (*C. x limonia* Osbeck) sendo o mais usado nas zonas citrícolas nacionais, já tendo correspondido a cerca de 80% nos pomares brasileiros. No entanto, devido à sua suscetibilidade a vários fatores bióticos como ao declínio dos citros e à morte súbita, os citricultores brasileiros vêm diversificando seus pomares com o uso de outros porta-enxertos como o citrumeleiro 'Swingle' [*Citrus paradisi* Macf. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], a tangerineira 'Cleopatra' (*Citrus reshni* Hort. ex. Tanaka), a tangerineira 'Sunki' (*Citrus sunki* Tanaka.), o citrange 'Troyer' (*Citrus*

*sinensis* (L.) Osbeck × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], a laranjeira 'Caipira' [*Citrus x sinensis* (L.) Osbeck], o Flying Dragon (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*), e os citrandarins IAC 1710, IAC 1711, dentre outros (Pompeu Júnior, 2005, Azevedo, 2021).

Atualmente, os citricultores estão em busca de porta-enxertos que induzam maior eficiência produtiva e maior resistência às doenças, sendo os citrandarins citados neste contexto. Os citrandarins são híbridos, resultantes do cruzamento de microtangerineiras e *Poncirus trifoliata*, que induzem características de plantas enxertadas compactas e produtivas, ideais para utilização em pomares ultradensados (Pompeu Júnior, 2005).

### **3.2 Características de produção de mudas de citros em viveiros.**

Na citricultura, a muda é um dos mais importantes insumos utilizados na formação de um pomar produtivo, sendo a base para diversos aspectos produtivos e tecnológicos empregados na cadeia produtiva da citricultura brasileira. A produção comercial dessas mudas é realizada por meio do uso de porta-enxertos, produzidos em viveiros protegidos, que favorecem o bom desenvolvimento das mudas e permitem maior segurança sanitária aos cultivos (Girardi et al., 2017, Oliveira et al., 2017, Domingues Neto et al., 2024).

Para a produção de mudas de qualidade, diversos processos rigorosos são seguidos, principalmente com o objetivo de manter um padrão de produção, garantindo plantas geneticamente idênticas e com elevado potencial produtivo. Esses processos abrangem desde a seleção das sementes provenientes de plantas matrizes utilizadas na produção dos porta-enxertos até a expedição das mudas destinadas aos pomares (Barbosa et al., 2023).

As mudas de citros são, em sua maioria, produzidas por enxertia, na qual a borbulha de uma cultivar-copa, com bom desempenho produtivo, é enxertada em um porta-enxerto selecionado, o qual influencia diretamente a qualidade e a quantidade de frutos dessa cultivar. Além disso, a produção de mudas inclui etapas como a seleção das sementes usadas para a produção dos porta-enxertos, a formação do porta-enxerto antes da realização da enxertia, a obtenção das borbulhas, a formação da muda, bem como a realização de tratos culturais e o controle fitossanitário (Bremer et al., 2015).

Para a produção de mudas comerciais de citros no Brasil, os porta-enxertos são produzidos predominantemente por meio de sementes. Isso ocorre porque a presença comum de mais de um embrião por semente, oriundos da apomixia nucelar, permite a produção de mudas clonais e, ao mesmo tempo, seminíferas perpetuando as características das plantas matrizes. Assim, as sementes provenientes de plantas matrizes selecionadas carregam elevado potencial genético e produtivo, possibilitando a obtenção de porta-enxertos mais uniformes e com bom desempenho em viveiro. Além disso, a propagação por via seminal permite a obtenção de materiais livres de viroides recorrentes em citros e contribui para maior vigor, produtividade e longevidade das plantas (EMBRAPA, 2016).

Durante o período de formação do porta-enxerto uma escolha inadequada pode resultar em maior tempo de produção das mudas. O ciclo produtivo de uma muda de citros varia entre 9 e 14 meses, no entanto, a velocidade de crescimento dessas mudas está relacionada às variedades utilizadas, às condições climáticas, ao manejo adotado em viveiro e ao estado nutricional das plantas, sendo os porta-enxertos que apresentam maior vigor nas fases iniciais os preferidos pelos viveiristas na produção de mudas (Girardi et al., 2010, Pompeu Junior et al., 2018).

No que se refere à enxertia, outra etapa fundamental na produção de mudas de citros, essa técnica consiste na união entre o porta-enxerto e o enxerto, permitindo a combinação de suas características genéticas e produtivas para a formação de um único indivíduo. Esse processo possibilita a obtenção de mudas de alta qualidade, além de favorecer melhorias relacionadas à absorção de nutrientes, ao aumento da qualidade e da produtividade dos frutos e à maior resistência ao ataque de pragas e doenças (Wang et al., 2025).

### **3.3 Características do ciclo produtivo dos porta-enxertos trifoliatores Rubidoux, 'Flying Dragon' e dos citrandarins (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sunki*) Pindorama e Itajobi.**

Os porta-enxertos, como os trifoliatores (*Poncirus trifoliata*), possuem características de menor vigor nas fases iniciais de viveiro, principalmente devido às suas características de plantas caducifólias em regiões com estações do ano mais definidas. Em épocas de temperaturas mais baixas, a divisão e o alongamento das células do meristema diminuem e resultam em maior tempo de desenvolvimento vegetativo, prolongando, assim, o tempo da muda em viveiro (Oliveira et al., 2006).

Estudos realizados por Teixeira *et al.* (2008) e Schinor *et al.* (2015), ao analisarem a espécie *Poncirus trifoliata*, seus variantes e seus híbridos para a produção de porta-enxertos, demonstraram que o porta-enxerto *P. trifoliata* monstrosa var. Flying Dragon (FD) demandou tempo variado para atingir a altura de 15 cm, que é um dos requisitos para o transplântio das mudas dos tubetes para recipientes maiores, onde a finalização do processo de produção das mudas acontece. Fatores relacionados à nutrição e à temperatura contribuem diretamente para a redução da taxa de crescimento desse porta-enxerto, ocasionando maior tempo para o transplântio.

Sousa *et al.* (2018), verificaram que entre a semeadura e o transplântio do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' foi necessário um período de 120 dias para que as plantas atingissem altura média de 15 cm após a semeadura. Por outro lado, em trabalho realizado por Guilherme (2013), verificou-se que entre a semeadura até a altura média de 15 cm, o limoeiro 'Cravo', o FD e o citrumeleiro 'Swingle' (*P. trifoliata* x *C. x paradisi*) levaram um período de 106, 86 e 96 dias, respectivamente, quando essas mudas foram cultivadas em substrato à base de casca de pinus.

Após o transplântio, os valores encontrados por Guilherme (2013), e Rodrigues (2016) mostraram que os porta-enxertos limoeiro Cravo e citrumeleiro 'Swingle' atingiram o ponto de enxertia entre 8 e 10 mm de diâmetro na altura de 10 cm do colo aos 140 dias. Em ambos os estudos, foi observado desenvolvimento mais lento do diâmetro do caule do porta-enxerto FD.

Os citrandarins apresentam uma menor base de referência por serem ainda pouco utilizados em viveiros. Barbosa *et al.* (2023), ao avaliarem o crescimento inicial de citrandarins, relataram que os porta-enxertos apresentaram vigor compatível com a produção de mudas. Aos 104 dias após a semeadura, os porta-enxertos atingiram altura média de 48 cm. Em relação ao diâmetro, os porta-enxertos variaram de 4,99 a 6,64 mm de diâmetro, medidos na altura do coleto, o que poderia permitir que as mudas, após a enxertia, completassem seu ciclo produtivo em 11 meses, da fase de semeadura até a obtenção da muda pronta para comercialização. No referido trabalho, ressalta-se que, apesar da enxertia e da obtenção mais precoce das mudas nos citrandarins mais vigorosos, ainda se fazia necessária a avaliação do vigor dessas mudas no campo.

Já em campo, o trabalho realizado por De Souza *et al.* (2025), ao estudar diferentes combinações de porta-enxertos em dois sistemas de manejo, demonstrou

que o citrandarin IAC 3152 Itajobi, considerado por ter potencial de indução ao nanismo, teve maior desenvolvimento do sistema radicular e maior tolerância ao estresse hídrico, em comparação ao 'Flying Dragon', o porta-enxerto padrão na indução ao nanismo.

O porta-enxerto 'Flying Dragon' apresenta menor desenvolvimento vegetativo em viveiro devido a diversos fatores, entre eles, a paralisação do crescimento das plantas em resposta às temperaturas mais baixas, à sua menor quantidade de vasos xilemáticos, a sua maior resistência hidráulica e à menor área foliar (Pimentel et al., 2013, Martinez-Alcântara et al., 2013).

O Pindorama é um porta-enxerto semiananizante que induz maior vigor às variedades de lima ácida 'Tahiti', além de proporcionar boa qualidade de frutos e tolerância à seca. Já o IAC Itajobi é um porta-enxerto que possui boa compatibilidade com a lima ácida 'Tahiti' e com as laranjas 'Pera' e 'Valência', além de demonstrar maior tolerância à seca em comparação ao trifoliato 'Flying Dragon' (IAC, 2023).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro protegido na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes - RJ, localizada no Norte do Estado do Rio de Janeiro, a 21°45'15" de latitude sul, 41°19'28" de longitude oeste e a uma altitude de 14 m (Figura 1).

Segundo a classificação climática de Köppen, o município de Campos dos Goytacazes apresenta clima tipo Aw, isto é, clima tropical úmido, com verões chuvosos e inverno seco, com temperaturas nos meses mais frios próximas de 18 °C. Já a temperatura média anual no município está em torno de 24 °C, com baixa amplitude térmica (Mendonça et al., 2007).



Figura 1. Mapa de localização da casa de vegetação

O experimento foi conduzido entre março de 2024 e agosto de 2025. As temperaturas na casa de vegetação foram monitoradas durante todo o período experimental. O equipamento utilizado para o monitoramento foi um termohigrômetro digital Elitech Data Logger, modelo RC-61, cujos dados são apresentados na Figura 2.

Duas etapas do processo de produção das mudas foram abordadas nesse experimento:

- A primeira etapa correspondeu ao período da semeadura dos porta-enxertos em tubetes até o transplântio dos porta-enxertos para citrovasos.
- A segunda etapa abrangeu o período do transplântio para citrovasos até um ponto próximo ao exigido para a enxertia.

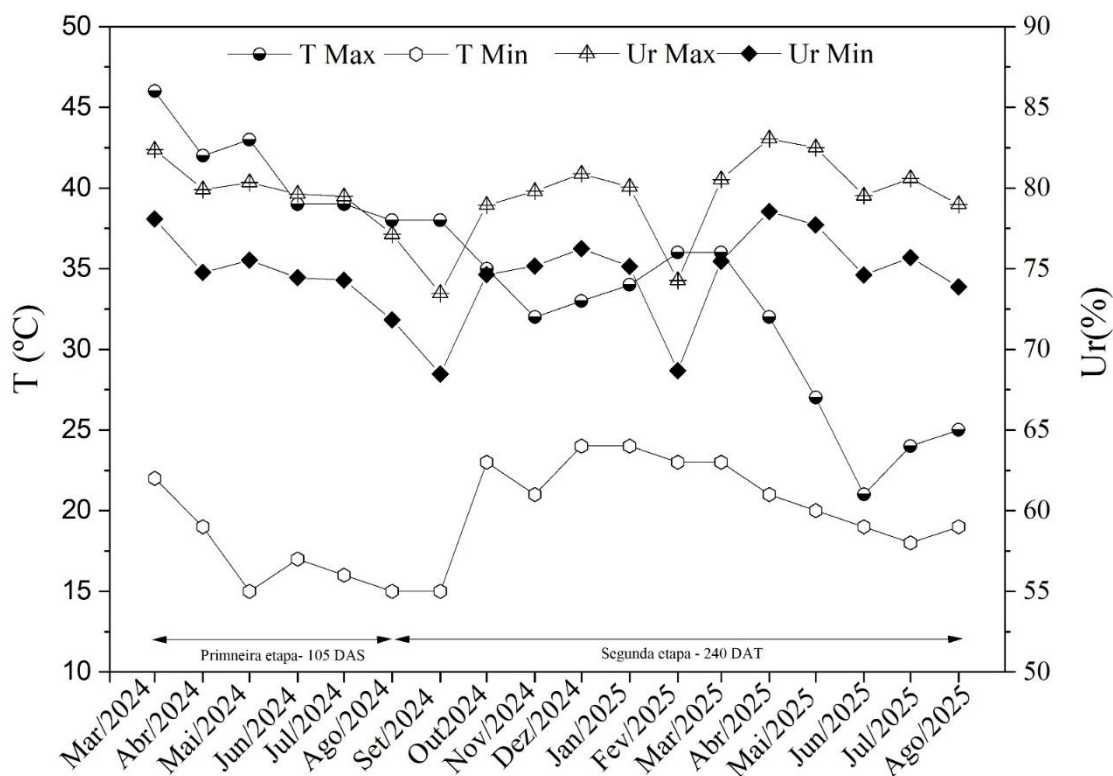


Figura 2: Variação mensal de temperatura do ar no interior da casa de vegetação

## Delineamento e condução dos experimentos

### Primeira etapa (da semeadura até o transplântio)

Na primeira etapa de produção das mudas, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com cinco blocos e parcela experimental constituída por 10 tubetes semeados com duas sementes cada um. Os tratamentos foram constituídos pelos diferentes porta-enxertos utilizados, sendo estes *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* 'Flying Dragon' (FD), *Poncirus trifoliata* var. *Rubidoux* (RB) e os citrandarins Itajobi (IT) e Pindorama (PD). Foram semeadas duas sementes de cada porta-enxerto por tubete de polietileno, cônico, com seis estrias e volume de 280

cm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato Basaplant® Hortaliças BX (U 50%; CRA 150%; CE 2,5 ± 0,3 mS cm<sup>-1</sup>; pH 5,8 ± 0,5).

As sementes dos porta-enxertos de *Poncirus trifoliata* (L.) Rafinesque Rubidoux, Itajobi e Pindorama foram doadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC). As sementes do porta-enxerto *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* 'Flying Dragon', foram obtidas de frutos de uma planta matriz mantida na Unidade de Apoio à Pesquisa do CCTA, localizada na Escola Técnica Estadual Antonio Sarlo, em Campos dos Goytacazes-RJ.

As sementes foram pesadas para determinar o número de sementes por 100 gramas. Posteriormente, as sementes foram lavadas em água corrente e imersas em solução de hidróxido de sódio (10 g L<sup>-1</sup>), hipoclorito de sódio (150 mL L<sup>-1</sup>) e ácido clorídrico (2 mL L<sup>-1</sup>) por 45 minutos, sendo agitadas a cada 15 minutos, para a remoção do tegumento, de acordo com a metodologia proposta por Oliveira et al., (2006). Logo após esse tratamento, as sementes foram lavadas em água corrente e colocadas para secar em temperatura ambiente para posterior semeadura no dia seguinte.

O início da emergência ocorreu aos sete dias após a semeadura e as plântulas foram contadas e monitoradas ao longo de 25 dias. Ao final desse período, foi efetuada a estimativa da taxa de poliembrião e do Índice de Vigor Germinativo das sementes (IVG).

Após a semeadura na casa de vegetação, as sementes foram irrigadas uma vez por dia com um irrigador manual até a capacidade de campo do substrato. O raleio das plântulas foi efetuado aos 25 dias após a semeadura, deixando-se uma plântula mais vigorosa por tubete. Posteriormente ao raleio, as plântulas foram irrigadas via sistema de irrigação por aspersão 30 L h<sup>-1</sup>, duas vezes por dia, sendo uma irrigação realizada no período da manhã e outra no período da tarde, até a fase de transplântio para os citrovasos, quando as plantas apresentavam altura média próxima de 15 cm.

Após o raleio, as plântulas receberam aplicação da solução nutritiva de Bolle-Jones (1954), com as seguintes concentrações NaHPO<sub>4</sub> (4 mL L<sup>-1</sup>), Ca(NO<sub>3</sub>) (4 mL L<sup>-1</sup>), KNO<sub>3</sub> (4 mL L<sup>-1</sup>), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (16 mL L<sup>-1</sup>), MgSO<sub>4</sub> (10 mL L<sup>-1</sup>), (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> (6 mL L<sup>-1</sup>), Solução A (4 mL L<sup>-1</sup>) e FeEDTA (4 mL L<sup>-1</sup>), com reaplicações quinzenais até a etapa de transplântio para os citrovasos. Após a aplicação da solução nutritiva, foi também realizada uma irrigação por 10 minutos com irrigador manual para drenar 20% da água aplicada, com a finalidade de reduzir o efeito do estresse salino nos porta-enxertos.

## Avaliações

- Taxa de crescimento de altura e diâmetro - A cada 10 dias, foi realizada a mensuração do crescimento do caule em altura e diâmetro. Para a avaliação da altura, as medidas das plantas foram tomadas a partir do colo até o ápice com uso de régua milimetrada. A medição do diâmetro foi feita na altura do colo com uso de paquímetro digital;
- Após as mudas dos porta-enxertos atingirem altura média de 15 cm, foi realizada a separação de duas plantas de cada parcela experimental em quatro blocos para a avaliação da condutividade hidráulica do sistema radicular (CHSR) e da condutividade hidráulica do caule (CHC). Para essas avaliações foi utilizado um segmento da raiz contendo parte do caule de cada um dos porta-enxertos FD, PD, IT e RB, com altura média de 7 cm a partir do colo (Figura 3-A). Esse conjunto de segmentos foi imerso em um recipiente com água até a cobertura total do segmento radicular. Posteriormente, o conjunto foi colocado dentro da câmara de pressão (Soil Moisture, Califórnia, EUA). Em cada segmento de caule, foram aplicadas pressões em ordem crescente de 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 MPa, com intervalos de três minutos entre as aplicações de pressão. A água exsudada pelos vasos condutores foi coletada com papel absorvente previamente pesado e, posteriormente, pesada em balança analítica de precisão;

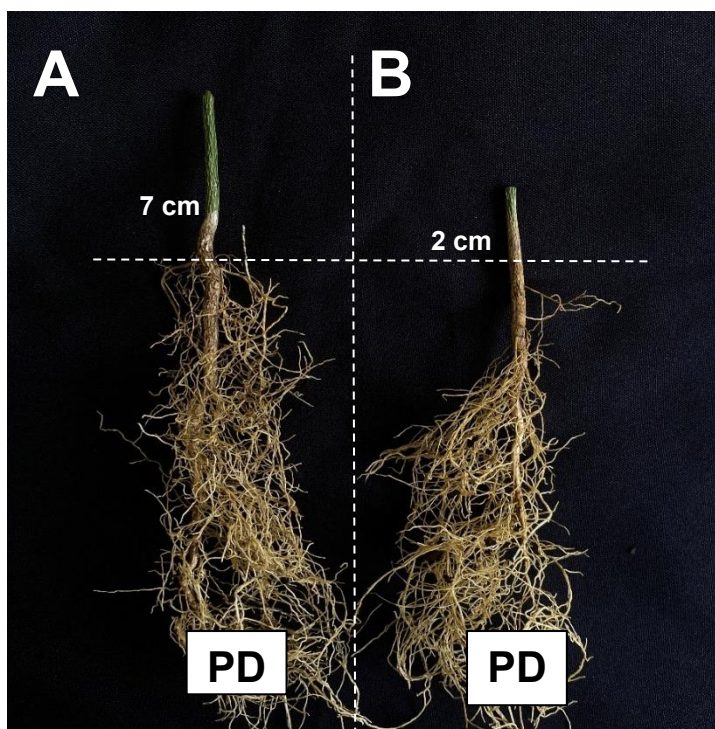


Figura 3: Mudas seccionadas em altura média de 7 cm – (A) e na altura de 2 cm acima do colo – (B) para avaliação da condutividade hidráulica do caule e condutividade hidráulica do sistema radicular do porta-enxerto Pindorama

- Condutividade hidráulica do sistema radicular (CHSR) – Esta etapa foi realizada quando as plantas atingiram, em média, 15 cm de altura. Foram selecionadas oito mudas de cada um dos porta-enxertos FD, PD, IT e RB (Figura 4), as quais foram avaliadas em relação ao sistema radicular. As mudas foram seccionadas a uma altura média de 2 cm a partir do colo (Figura 3-B). Utilizou-se um segmento da raiz contendo parte do caule de cada um dos porta-enxertos. Esse conjunto de segmentos foi imerso em um recipiente com água até a cobertura total do segmento radicular. Posteriormente, o conjunto foi colocado dentro da câmara de pressão (Soil Moisture, Califórnia, EUA), conforme mostrado na Figura 5-B. Em cada segmento de caule, foram aplicadas pressões em ordem crescente de 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 MPa, com intervalos de três minutos entre as aplicações de pressão. A água exsudada pelos vasos condutores foi coletada com papel absorvente previamente pesado e, posteriormente, foi pesada em balança analítica de precisão;



Figura 4: Mudas dos porta-enxertos Pindorama, Itajobi, Rubidoux e 'Flying Dragon' aos 105 dias após a semeadura, cultivados em tubetes

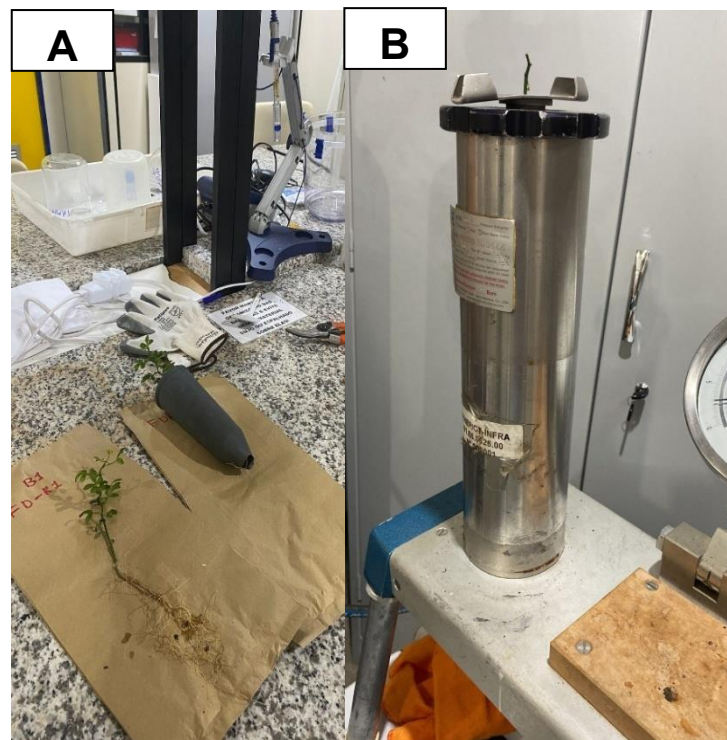


Figura 5: Mudas seccionadas do porta-enxerto Pindorama-(A). Porta-enxerto dentro da câmara de pressão (Soil Moisture, Califórnia, EUA) - (B)

- Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e índice de área foliar (IAF) – Após as análises de condutividade hidráulica, cada planta das parcelas foi cortada, sendo separados os segmentos de caule, raiz e folhas (Figura 6-A). A área foliar foi determinada utilizando o medidor de área foliar LI-3100 Leaf Area Meter® (Figura 7). Em seguida, as raízes e as folhas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, durante 48 horas, para a obtenção da massa seca.



Figura 4: Porta-enxerto Pindorama aos 105 DAS, (A) folhas, (B) caule e (C) sistema radicular separados para avaliações

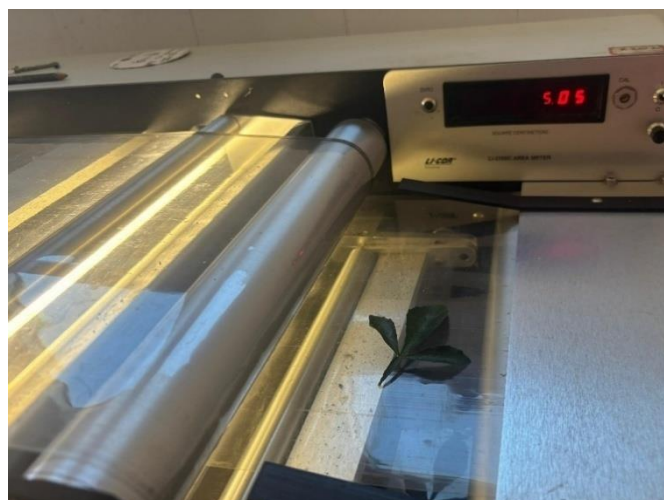


Figura 5: Medidor de área foliar (Leaf Area Meter®;) usado nas avaliações das folhas do terço médio dos porta-enxertos Itajobi (IT), Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD)

Para a normalização dos dados para a análise de variância ANOVA, as médias foram normalizadas pela fórmula  $\sqrt{x + 0,5}$ . Já para as variáveis expressas em porcentagem, os dados foram transformados em arco seno da raiz quadrada, a fim de possibilitar a normalização dessas médias para realização das comparações pelo teste de Duncan com  $p \leq 0,05$ .

### **Segunda etapa da produção das mudas dos porta-enxertos (do transplantio ao ponto de enxertia)**

Nessa etapa, o delineamento utilizado foi em blocos inteiramente casualizados (DBC), com cinco blocos e sete plantas por parcela experimental. Os porta-enxertos utilizados foram *Poncirus trifoliata* var. monstrosa 'Flying Dragon' (FD), *Poncirus trifoliata* var. Rubidoux (RB) e os citrandarins Itajobi (IT) e Pindorama (PD).

As mudas foram transplantadas para citrovasos com capacidade de 3,8 L, contendo substrato Basaplant® Hortaliças e fertilizante de liberação lenta Osmocote® (6,6 g L<sup>-1</sup>, formulação 17-07-12). As plantas foram conduzidas em haste única, realizando-se desbrotas constantes e tutoramento. A irrigação foi efetuada por meio de microaspersores sobre copa com turno de rega variando de acordo com o tamanho das mudas e a época do ano.

### **Avaliações**

- A altura e o diâmetro foram aferidos a cada 30 dias. Para a avaliação da altura, as plantas foram medidas a partir do colo até o ápice das plantas, com uso de régua milimetrada. Os diâmetros das mudas foram aferidos com uso de um paquímetro digital a 5 cm de altura a partir do colo para os porta-enxertos 'Flying Dragon' e Rubidoux, e 10 cm para os citrandarins Itajobi e Pindorama.
- Aos 60 dias após o transplantio (DAT), foram selecionadas duas plantas por parcela experimental para a avaliação das concentrações de clorofila, flavonoides e antocianinas nas folhas e do balanço de nitrogênio com auxílio do equipamento Dualex modelo METOS®. Em cada planta selecionada, duas folhas maduras distintas foram utilizadas

para a mensuração dos teores, com o auxílio do equipamento Dualex (Figura 8).



Figura 6: Concentrações de clorofila, flavonoides, antocianinas, balanço de nitrogênio avaliadas nos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD)

- O índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi avaliado por meio do clorofilômetro SPAD-502. Foram selecionadas duas plantas por parcela experimental aos 240 DAT, nas quais as avaliações com o sensor SPAD foram realizadas em três folhas trifoliadas de cada planta. Em seguida, foram calculadas as médias dos teores de clorofila nas folhas dos porta-enxertos (Figura 9).



Figura 7: Soil Plant Analysis Development (SPAD) utilizado na avaliação dos teores de clorofila nos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD)

- O volume do sistema radicular foi determinado pelo deslocamento de água em proveta, a partir da imersão do sistema radicular dos porta-enxertos.

A avaliação da área foliar foi efetuada aos 240 dias após o transplântio (DAT) e, para isso, foram selecionadas três folhas trifoliadas distintas de dois porta-enxertos por parcela experimental. As folhas escolhidas foram as do terço médio, caracterizadas por serem recém-maduras e foram separadas e, posteriormente, analisadas com o medidor de área foliar LI-3100 Leaf Area Meter® (Figura 7).

Também nesta etapa, aos 240 dias após o transplântio (DAT), foram separadas três plantas de cada porta-enxerto para a avaliação da altura, diâmetro, número de folhas, comprimento da raiz, volume da raiz, massa seca da raiz, massa seca do caule e massa seca das folhas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os porta-enxertos que tiveram maior quantidade de sementes em 100 gramas foram os porta-enxertos IAC Pindorama e o IAC Itajobi, com totais de 1869 e 1630 sementes, respectivamente. Os menores números de sementes em 100 g foram observados para os porta-enxertos 'Flying Dragon' e Rubidoux, com valores de 934 e 523 sementes, respectivamente. O número de sementes por 100 gramas é um dado técnico importante para o cálculo da necessidade de sementes e permite inferir também sobre o tamanho destas. As sementes dos porta-enxertos Pindorama e Itajobi são menores que as sementes dos demais trifoliatas. Essa característica pode interferir no vigor inicial das mudas, mas também é positiva, pois permite a utilização de tubetes de 50 cm<sup>3</sup> com cerca de duas a três sementes, o que possibilita menor gasto com substrato, ocupação de menor área no viveiro e maior uniformidade das plântulas em função de uma seleção mais rigorosa no momento do raleio.

Com relação aos valores de germinação (Tabela 1), não houve diferença significativa entre os porta-enxertos. As taxas de germinação variaram entre 67 e 95% para os porta-enxertos 'Flying Dragon' e IAC Pindorama, respectivamente. Valores menores de germinação foram encontrados por Rodrigues et al. (2016), e Moreira et al. (2010), para o 'Flying Dragon', nos quais valores de germinação de 18% e 6% de germinação foram observados durante a avaliação do efeito da remoção do tegumento das sementes ou de sua testemunha, respectivamente.

Tabela 1: Taxa de germinação (TG), índice de velocidade de germinação (IVG), taxa de poliembrião dos porta-enxertos (TPE) e número médio de embriões por semente (NMEPS) dos porta-enxertos Pindorama (PD), Itajobi (IT), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD)

| Porta-enxerto   | TG (%) | IVG (%) | TPE (%) | NMEPS (unid.) |
|-----------------|--------|---------|---------|---------------|
| IAC Pindorama   | 95,0 a | 1,37 a  | 45,55 a | 1,64 a        |
| IAC Itajobi     | 72,5 a | 1,30 ab | 42,35 a | 1,62 a        |
| Rubidoux        | 71,2 a | 0,87 bc | 21,4 b  | 1,21 b        |
| 'Flying Dragon' | 67,0 a | 0,86 c  | 6,0 b   | 1,06 b        |
| CV%             | 8,2    | 6,1     | 26,0    | 9,8           |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan ( $P \leq 0,05$ )

No presente trabalho, houve a remoção química do tegumento, o que contribuiu para o percentual considerado alto para o porta-enxerto FD. Isso demonstra que não há uniformidade na germinação desse porta-enxerto, o que pode gerar incertezas no processo de planejamento para a produção de mudas.

Os maiores índices de velocidade de germinação das sementes (IVG) (Tabela 1), foram observados para as sementes dos porta-enxertos IAC Pindorama e IAC Itajobi, que tiveram índices de 1,37 e 1,30, respectivamente, em comparação ao 'Flying Dragon'. Um valor intermediário foi observado para o trifoliatoeiro Rubidoux, porém sem diferença para o FD. O índice de velocidade de germinação (IVG) é uma medida que possibilita avaliar o desempenho das sementes e seu vigor. Além disso, a qualidade e o vigor das sementes influenciam diretamente o desempenho das plantas germinadas (Popinigis, 1977).

Os IVGs dos trifoliatoeiros RB e FD estão associados, provavelmente, às suas características genéticas, sujeitas a influências ambientais no processo de germinação das sementes. A umidade e a temperatura são os fatores externos que mais limitam a germinação e podem influenciar os genótipos de formas diferentes visto que as sementes de trifoliatoeiros são altamente exigentes em umidade para a germinação e fatores ligados a temperaturas menores também reduzem o seu potencial de germinação (Carvalho et al., 2019).

As maiores taxas de poliembrião (Tabela 1), foram observadas para os porta-enxertos Pindorama e Itajobi. Taxas menores de poliembrião foram observadas para os trifoliatoeiros Rubidoux e 'Flying Dragon'. Valores superiores de taxa de poliembrião para o porta-enxerto 'Flying Dragon' observados por Rodrigues *et al.* (2015), Guerra et al. (2012), e Moreira et al. (2010), foram de 40% e 52% e 13,4 %, respectivamente, destoando bastante das taxas observadas no presente trabalho.

A variação na taxa de poliembrião nos porta-enxertos pode ser associada, principalmente, a fatores relacionados à interação dos genótipos dos quatro porta-enxertos com o ambiente, como clima e temperatura, e outros fatores relacionados à nutrição e à polinização que deram origem às sementes, além disso, fatores ligados à genética e mutações afetam diretamente a embriogênese, resultando em variações no número de embriões nas sementes (Kishore et al., 2012, Moreira et al., 2010).

Os maiores valores médios de embriões por semente foram encontrados nos porta-enxertos PD e IT, com médias de 1,64 e 1,62 embriões por semente, respectivamente. Já as menores médias foram observadas nos trifoliatoeiros RB e FD,

com 1,21 e 1,06 embriões por semente, respectivamente (Tabela 1). Valores maiores, quanto ao número de embriões em trifoliateiros, foram relatados por Queiroz et al. (2015), e Duarte et al. (2013), que observaram médias de 1,3 e 1,9 embriões por semente para o trifoliateiro ‘Flying Dragon’.

Os resultados evidenciaram menor capacidade dos trifoliateiros em gerar maiores quantidades de embriões nucelares por semente, o que levaria a maiores gastos com sementes e menor possibilidade de seleção de *seedlings* originários de embriões nucelares. Além disso, o tempo necessário para o raleio das mudas é maior, uma vez que o tempo para que o padrão típico do FD possa ser confirmado é maior.

Para a produção de mudas cítricas, a poliembrionia é uma característica muito importante, pois permite a produção de clones nucelares idênticos à planta-mãe e maior uniformidade em viveiro. Sementes que apresentam altas taxas de poliembrionia possibilitam a seleção mais rigorosa desses clones (Rodrigues et al., 2015, Duarte et al., 2013).

Na tabela 2 pode ser visualizada a distribuição do número de embriões individuais nas sementes germinadas. Para as sementes do Pindorama e Itajobi o número de embriões por semente variou entre 1 a 5, com 54,4% e 57,6% das sementes tendo apenas um embrião.

Tabela 2: Distribuição de sementes de porta-enxertos cítricos em classes de número de embrião por semente (n)

| Porta-enxerto   | Número de sementes com as seguintes contagens de embriões |    |    |   |   |   |   | n  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|----|----|---|---|---|---|----|
|                 | 1                                                         | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 |    |
| IAC Pindorama   | 49                                                        | 26 | 14 | 0 | 1 | 0 | 0 | 90 |
| IAC Itajobi     | 49                                                        | 23 | 10 | 2 | 1 | 0 | 0 | 85 |
| Rubidoux        | 55                                                        | 15 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| ‘Flying Dragon’ | 73                                                        | 5  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 78 |

Com relação ao número de plântulas albinas (Tabela 3), verificou-se que o maior quantitativo ocorreu no porta-enxerto IAC Itajobi (Figura 10), com um total de 11% de plântulas albinas. Para o trifoliateiro Rubidoux, constatou-se a presença de apenas uma plântula albina. Já para os trifoliateiros ‘Flying Dragon’ e IAC Pindorama não houve ocorrência de albinismo, o que evidencia que essa característica é inerente ao genótipo e às suas características genéticas no processo de formação dos

embriões. O predomínio de um embrião por semente para todos os trifoliateiros e híbridos avaliados indica que, principalmente no caso do FD, o embrião germinado foi de origem nucelar, pois houve a reprodução do padrão de espinhos voltados para baixo e crescimento do caule em zigue-zague.

Tabela 3: Porcentagem de plântulas albinas nos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB), N= 100

| Porta-enxerto   | Porcentagem de plântulas albinas (%) |
|-----------------|--------------------------------------|
| IAC Itajobi     | 11                                   |
| Rubidoux        | 1                                    |
| IAC Pindorama   | 0                                    |
| 'Flying Dragon' | 0                                    |

O albinismo em plântulas de citros é recorrente. Essa característica ocorre, principalmente, devido à presença de certos genes como os genes al1 e al2, nos núcleos nucleares das sementes, os quais transmitem cópias desses genes diretamente para os embriões durante o processo de formação. Tal condição ocasiona problemas na manutenção da produção de clorofila nos embriões, resultando em alteração da pigmentação (Le et al., 2019).



Figura 8: Albinismo em plântulas de porta-enxerto Itajobi (IT) aos 15 DAS

Aos 25 dias após a semeadura, as alturas das mudas foram de 5,71 cm, 5,50 cm, 5,31 cm e 4,43 cm, respectivamente, para os porta-enxertos Rubidoux (RB), Pindorama (PD), Itajobi (IT) e 'Flying Dragon' (FD), respectivamente (Figura 11).

Valores similares foram encontrados por Sombra *et al.* (2019), para os citrandarins Riverside, San Diego e Índio, que, aos 30 dias após a semeadura, apresentaram alturas de 5,00 cm, 4,87 cm e 4,50 cm, respectivamente, em condições de clima quente.

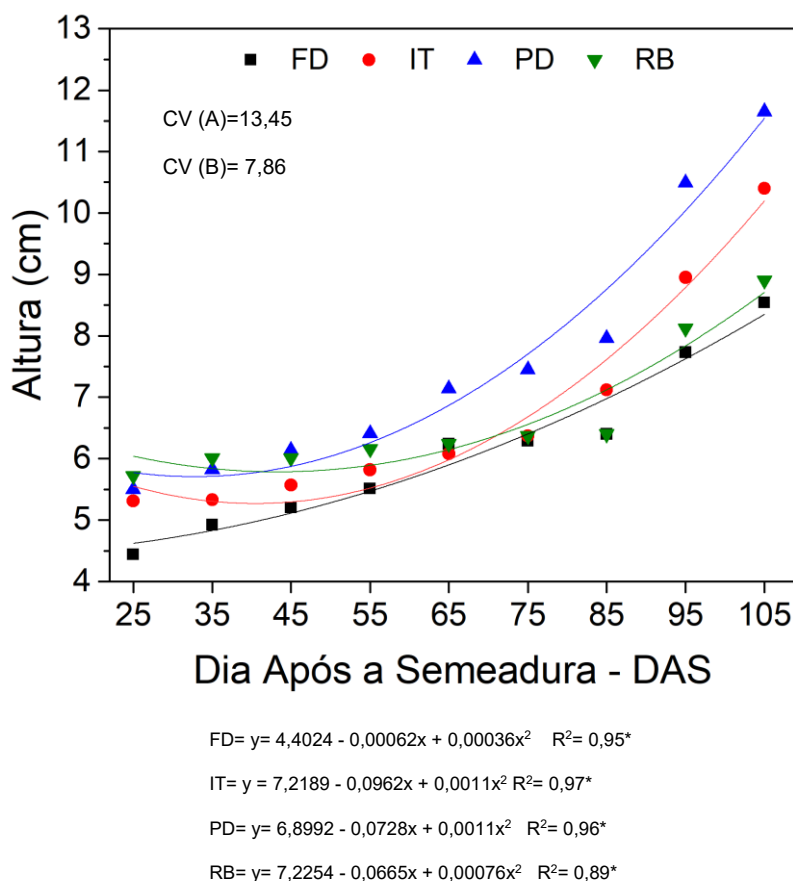


Figura 9: Curvas de crescimento da altura dos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD) ao longo de 105 dias após a semeadura ajustadas por regressões quadráticas com p valor < 0,05

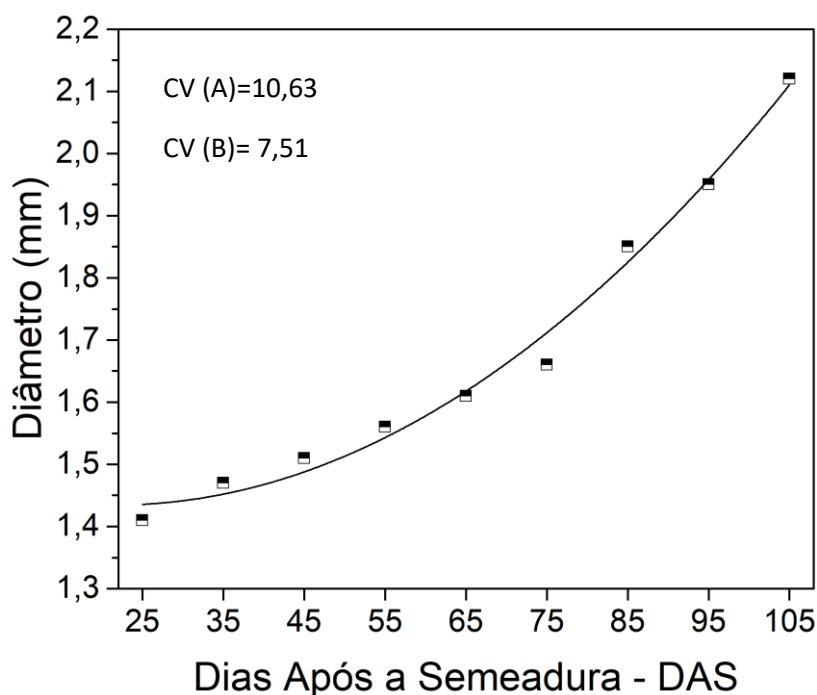
Esses resultados evidenciam o excelente vigor dos citrandarins IAC Pindorama e IAC Itajobi, quando comparados a outros citrandarins em fase inicial de viveiro. No caso do trifoliato 'Flying Dragon', valores semelhantes foram relatados por Schäfer (2006) e Guilherme (2013), que, aos 56 dias após a semeadura, observaram que esse porta-enxerto apresentou bom desempenho nas fases iniciais de cultivo em diferentes condições, no entanto, com crescimento tardio. Aos 105 dias após a semeadura as maiores alturas foram observadas para os dois citrandarins.

Em plantas cítricas, o crescimento vegetativo está intimamente relacionado ao aumento da temperatura, iniciando-se principalmente em valores acima de 12,8 °C até 35 °C, acima desse intervalo, as plantas podem ter seu crescimento reduzido

quando as temperaturas se aproximam de 49 °C. As temperaturas baixas também afetam diretamente o crescimento dos citros, de modo que valores em torno de 13 °C ocasionam crescimento vegetativo lento, prolongando o tempo necessário para o desenvolvimento da planta (Abobatta, 2021, Goldschmidt, 1997). Durante a primeira etapa de condução do primeiro experimento as temperaturas médias máximas foram de 45 °C e as médias mínimas de 17 °C.

Devido às características adaptativas dos trifoliateiros a climas frios, essas plantas tendem a reduzir suas taxas metabólicas de crescimento em temperaturas mais baixas. Esse comportamento, característico da espécie, resulta em um atraso na produção das mudas de citros, sendo um dos fatores limitantes para os viveiristas na produção de mudas desses porta-enxertos (Rodrigues et al., 2016, Monteiro, 2009). No caso desse experimento os híbridos de trifoliateiros tiveram maior ganho em incremento em altura, em detrimento dos dois trifoliateiros avaliados.

Houve um incremento do diâmetro do caule das mudas, mas não houve diferença entre os porta-enxertos nesse período (Figura 12). Observa-se aumento contínuo do diâmetro entre 25 e 105 DAS, com crescimento mais lento nas primeiras avaliações e acentuada aceleração a partir de aproximadamente 65 DAS, culminando em valores próximos a 2,1 mm aos 105 DAS.



$$y = 1,4821 - 0,0043x + 0,000098x^2 \quad R^2 = 0,98^*$$

Figura 10: Curva média de crescimento do diâmetro dos porta-enxertos Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) e 'Flying Dragon' (FD) tomados na região do colo ao longo de 105 dias após a semeadura ajustadas por regressão linear quadrática com p valor < 0,05

O volume dos tubetes pode ter sido um fator limitante ao crescimento em diâmetro dos porta-enxertos mais vigorosos que demonstraram maior crescimento inicial em altura, devido principalmente ao maior vigor do sistema radicular desses porta-enxertos, que já estavam aptos para ir para os citrovassos.

A variação no diâmetro do caule dos porta-enxertos está associada ao maior ou menor fluxo de seiva transportada pelos vasos condutores, bem como a alterações nas concentrações de água nos tecidos celulares das plantas. Essas variações afetam diretamente as células do meristema principal, responsáveis pelo incremento da espessura do caule (Swaef et al., 2015, Steppe et al., 2015).

Não houve diferença significativa da condutividade hidráulica das raízes dos quatro porta-enxertos quando normalizada pela biomassa radicular, área foliar e volume de raiz. Isso mostra que mesmo os porta-enxertos ananizantes, como IT e FD, mantiveram seu fluxo de água sem alterações significativas pelos vasos (Tabela 4).

Tabela 4: Condutância hidráulica da raiz – K (A) e K normalizada pela massa seca da raiz – K<sub>DRM</sub> (B), área foliar – K<sub>LA</sub> (C) e volume de raiz – K<sub>RV</sub> (D) dos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), 'Itajobi' (IT), 'Pindorama' (PD) e 'Rubidoux' (RB).

| Porta-enxerto | K (KgH <sub>2</sub> O s <sup>-1</sup> MPa <sup>-1</sup> ) | K <sub>DRM</sub> (KgH <sub>2</sub> O s <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> ) | K <sub>LA</sub> (KgH <sub>2</sub> O s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> ) | K <sub>RV</sub> (KgH <sub>2</sub> O s <sup>-1</sup> cm <sup>-3</sup> ) |
|---------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|               | <sup>1</sup> ) x 10 <sup>-6</sup>                         | MPa <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>-6</sup>                                 | MPa <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>-6</sup>                                | MPa <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>-6</sup>                                 |
| FD            | 0,0460 a                                                  | 185,2050 a                                                             | 0,0020 a                                                              | 0,0292 a                                                               |
| IT            | 0,0900 a                                                  | 217,5420 a                                                             | 0,0026 a                                                              | 0,0442 a                                                               |
| PD            | 0,0875 a                                                  | 208,3920 a                                                             | 0,0012 a                                                              | 0,0377 a                                                               |
| RB            | 0,1183 a                                                  | 272,2220 a                                                             | 0,0015 a                                                              | 0,0346 a                                                               |
| CV(%)         | 66                                                        | 45                                                                     | 40                                                                    | 57                                                                     |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas dentro de uma coluna não diferem significativamente de acordo com o teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

No entanto, apesar de não terem sido observadas diferenças no fluxo de água no sistema radicular, outras características, como o tamanho do sistema radicular (Figura 13) e aspectos anatômicos dos vasos condutores, podem limitar a absorção e o transporte de água e nutrientes na planta. Essas limitações podem constituir um dos fatores que contribuem para a indução do nanismo promovida por esses porta-enxertos, bem como para a menor tolerância ao déficit hídrico (Basile et al., 2003).



Figura 11: Sistemas radiculares dos porta-enxertos Pindorama, Itajobi, Rubidoux e 'Flying Dragon' cultivados em tubetes, aos 105 dias após a semeadura em tubetes

O maior vigor do sistema radicular, assim como o maior acúmulo e volume de biomassa, afeta diretamente a condutância hidráulica tanto nas raízes quanto no caule. Esse efeito é evidenciado pela maior condutância observada em ambos os sistemas nos porta-enxertos PD e RB. Esse maior vigor radicular permite maior concentração de raízes primárias e secundárias, além do maior número de vasos condutores, como os do xilema, o que impacta diretamente o potencial de crescimento da planta, a disponibilidade de água para o sistema aéreo e a resistência ao estresse hídrico (Solari et al., 2006, Li et al., 2024).

No que se refere à condutividade hidráulica do caule (K), os valores observados nos porta-enxertos Pindorama e trifoliateiro Rubidoux indicam menor resistência hidráulica nos vasos condutores do caule, em comparação aos porta-enxertos IT e FD (Figura 14).

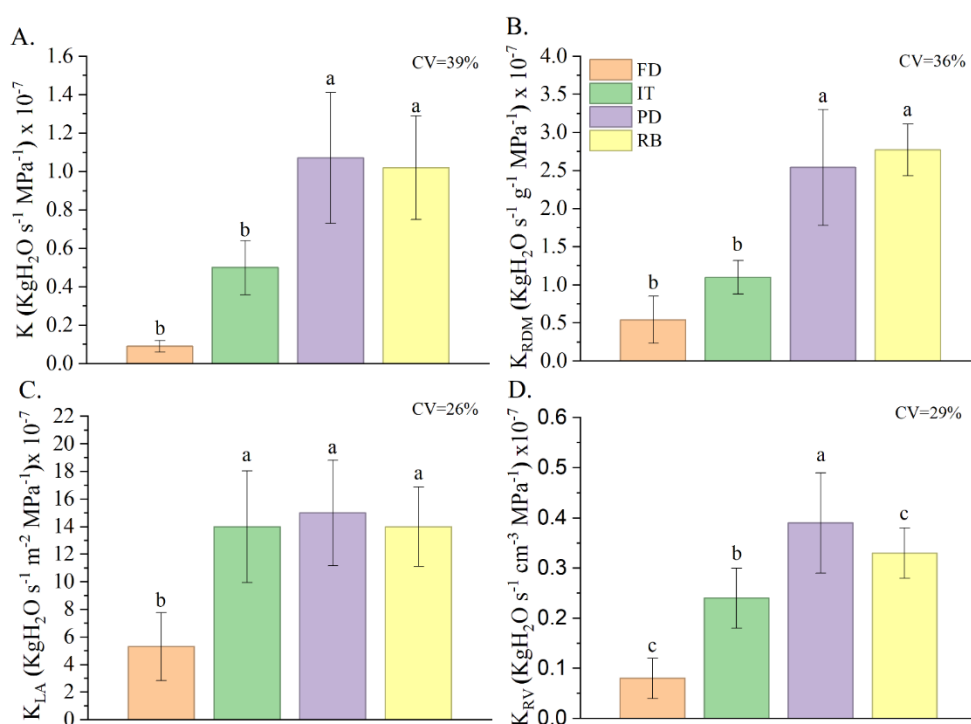


Figura 12: Valores da condutividade hidráulica (K) dos quatro porta-enxertos, normalizados pela raiz- A, área foliar-B, massa seca da raiz- C e volume da raiz - D, avaliados pelo teste de Duncan ( $P \leq 0,05$ )

O porta-enxerto FD foi o que apresentou maior resistência hidráulica no caule, o que está associado às suas características genéticas. Outros fatores que podem afetar diretamente essa maior resistência ao fluxo de água incluem a quantidade e a espessura dos vasos condutores, o menor desenvolvimento do sistema radicular e a ativação ou inibição da expressão de determinados genes, que alteram os processos

de sinalização de fitormônios essenciais ao crescimento vegetal. Todos esses aspectos contribuem de maneira significativa para a definição do vigor apresentado por esses porta-enxertos (Cohen et al., 2002, Carvalho et al., 2016, Hayat et al., 2022).

Já os valores da condutância hidráulica do caule, normalizados pela massa seca da raiz, mostraram que os valores de K foram maiores nos porta-enxertos RB e PD, em comparação aos porta-enxertos IT e FD. Os menores valores de condutância hidráulica observados em IT e FD podem ajudar a explicar as características ananizantes desses porta-enxertos, somadas ao menor vigor de seus sistemas radiculares, o que coincide com relatos de nanismo induzido por ambos os porta-enxertos (Poggi, 2007, Martínez-Alcántara et al., 2013, Miranda et al., 2024).

Com relação à condutância hidráulica, normalizada pela área foliar, não houve diferença entre os porta-enxertos PD, IT e RB. Entretanto, o 'Flying Dragon' apresentou menor valor de condutância hidráulica em relação à sua área foliar, o que se deve ao baixo vigor do porta-enxerto e às características morfológicas de suas folhas que são menores. Já para os valores de K normalizados pelo volume radicular, o porta-enxerto que apresentou maior condutância foi o PD, mostrando que o maior volume de raiz influencia diretamente no fluxo de água pelo caule.

Já para o número de folhas (Tabela 5), não foram observadas diferenças significativas entre os porta-enxertos. No entanto, os menores valores médios de folhas foram registrados para o trifoliateiro 'Flying Dragon', com médias variando entre 12 folhas. O porta-enxerto 'Flying Dragon' apresenta característica nanizante, a qual está associada a um crescimento mais lento, resultando na redução do número de folhas e ramos. Tal comportamento pode ser atribuído, principalmente, à maior resistência hidráulica observada nesse porta-enxerto, a qual teria contribuído negativamente para a redistribuição de fotoassimilados e de água nas plantas.

Tabela 5: Número de folhas (NF), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA) massa seca da raiz (MSR) e volume da raiz (VR) dos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) aos 105 DAS

| Porta-enxerto | NF      | IAF (cm <sup>2</sup> ) | MSPA (g) | MSR (g) | VR (cm <sup>3</sup> ) |
|---------------|---------|------------------------|----------|---------|-----------------------|
| PD            | 15,50 a | 74,10 a                | 0,78 a   | 0,42 a  | 6,69 a                |
| RB            | 13,75 a | 70,19 a                | 0,45 ab  | 0,35 a  | 2,88 a                |
| IT            | 14,75 a | 35,36 b                | 0,68 a   | 0,43 a  | 2,13 ab               |
| FD            | 12,13 a | 22,54 c                | 0,30 b   | 0,29 a  | 1,63 b                |
| CV%           | 7,73    | 8,59                   | 5,88     | 7,47    | 11,11                 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, *pelo teste de Duncan* ( $P \leq 0,05$ )

A menor condutância hidráulica pode resultar na redução da biomassa foliar das plantas, uma vez que a maior resistência hidráulica está associada à diminuição do potencial hídrico das folhas, à menor taxa de fluxo de seiva na planta e à redução das trocas gasosas pelos estômatos. Esses fatores, em conjunto, contribuem para a diminuição da produção de biomassa e do número de folhas, devido à limitação no transporte de água e fotoassimilados (Basile et al., 2003, Poggi, 2007).

Para o índice de área foliar, os maiores valores foram observados no citrandarin Pindorama e no trifoliato Rubidoux (RB), sem diferenças entre eles, seguido pelo porta-enxerto Itajobi e pelo Flying Dragon com o menor valor observado (Tabela 5). O maior valor de área foliar apresentado pelo citrandarin Pindorama pode ser explicado pelo maior número e tamanho de suas folhas, o que seria confirmado pela maior massa da parte aérea (Figura 15).

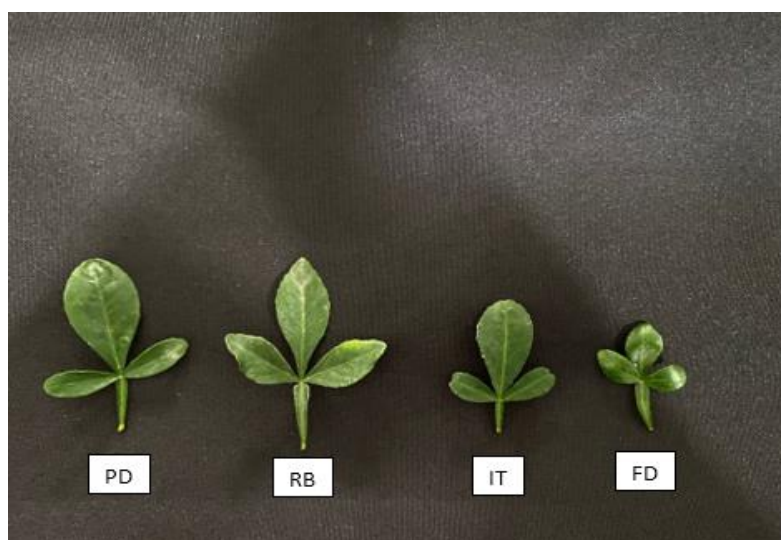


Figura 13: Folha do terço médio dos porta-enxertos, Pindorama (PD), Rubidoux (RB), Itajobi (IT) e 'Flying Dragon' (FD)

Os índices de clorofila, antocianinas e índice de balanço de nitrogênio (IBN) não foram diferentes entre os porta-enxertos (Tabela 6), no entanto, para os teores de flavonoide, os menores valores foram encontrados para o RB e FD, porém o FD teve valores similares aos citrandarins.

Tabela 6: Índice de clorofila (CLO), flavonoides (FLA), antocianinas (ANT) e balanço de nitrogênio (INB) nos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) avaliados aos 60 DAT

| Porta-enxerto | CLO ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | FLA ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | ANT ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) | INB     |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|
| FD            | 28,29 a                       | 0,50 ab                       | 0,16 a                        | 51,50 a |
| IT            | 26,38 a                       | 0,55 a                        | 0,15 a                        | 49,10 a |
| PD            | 25,17 a                       | 0,69 a                        | 0,16 a                        | 47,26 a |
| RB            | 29,18 a                       | 0,45 b                        | 0,13 a                        | 64,24 a |
| CV%           | 21,20                         | 9,5                           | 20,68                         | 27,30   |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de *Duncan* ( $P \leq 0,05$ )

De acordo com Chen et al. (2022), e Li et al. (2024), os porta-enxertos cítricos influenciam diretamente os níveis de concentração desses compostos vegetais na cultivar copa (enxerto), especialmente nas concentrações de antocianinas e flavonoides. Além disso, os porta-enxertos podem induzir a expressão de genes e a ativação de enzimas, destacando-se a enzima CHI, uma das principais envolvidas na biossíntese de antocianinas em citros. Nesse experimento, apesar das diferenças nos indicadores de crescimento, não foram observadas diferenças entre esses compostos.

Em relação ao balanço de nitrogênio nas folhas dos porta-enxertos, não foram observadas diferenças significativas entre os quatro materiais avaliados. Esse resultado está em consonância com os valores do índice de clorofila, que também não variaram entre os porta-enxertos.

Estudos realizados por Xu et al. (2021) e Li et al. (2024) demonstram que diferentes porta-enxertos de citros como os trifoliateiros podem exercer efeitos significativos sobre a absorção, utilização e distribuição do nitrogênio em diversas partes da planta, como folhas, caule e frutos, promovendo zonas de maior concentração desse nutriente nessas estruturas em comparação com outras partes da planta. De fato, no trifoliateiro Rubidoux foram observadas folhas mais velhas com maiores sintomas de amarelecimento enquanto, visualmente, FD apresentava uma tonalidade mais verde que os demais porta-enxertos. As folhas avaliadas podem não ter sido representativas do todo.

Já em relação à taxa de crescimento na segunda etapa do experimento (Figura 16-A), assim como na primeira, os porta-enxertos que apresentaram maiores valores de crescimento foram os citrandarins PD e IT, enquanto os menores valores foram observados para os porta-enxertos RB e FD, que, ao final de 240 dias após o

transplântio (DAT), apresentavam alturas médias de 53 e 31 cm, respectivamente. Aos 180 DAT, verificou-se que o porta-enxerto IAC Itajobi ultrapassou o IAC Pindorama na variável altura, evidenciando que, mesmo apresentando características ananizantes, esse porta-enxerto conseguiu atingir maior crescimento nas fases finais da produção de mudas, ao se comparar ao porta-enxerto 'Flying Dragon'.

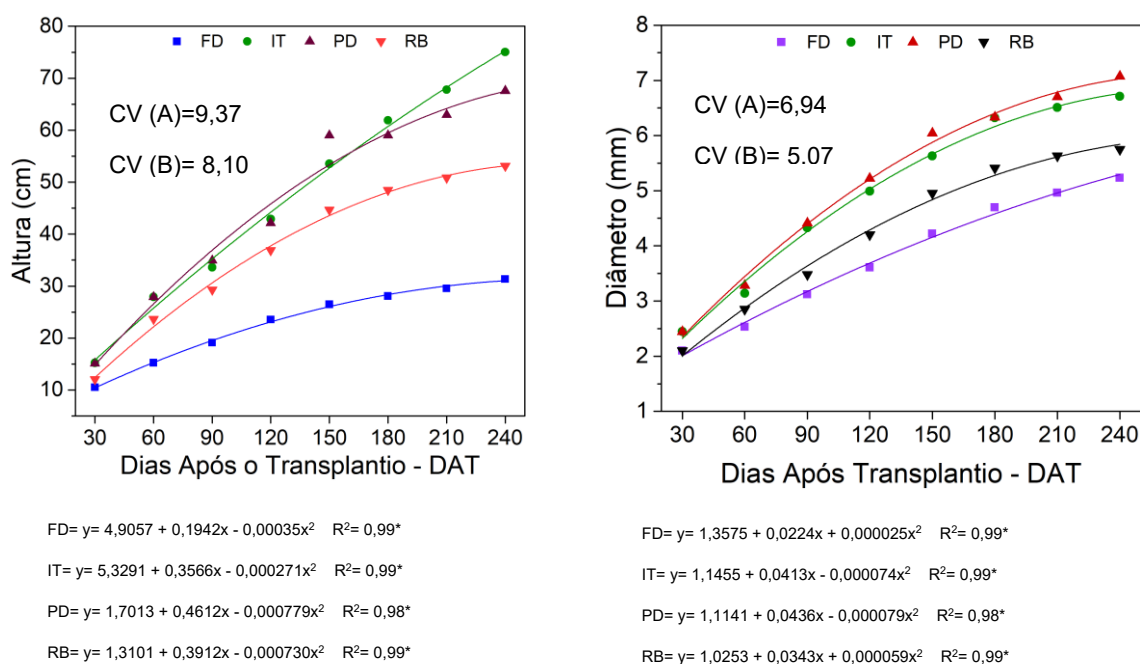


Figura 14: Índice de clorofila (CLO), flavonoides (FLA), antocianinas (ANT) e balanço de nitrogênio (INB) nos porta-enxertos 'Flying Dragon' (FD), Itajobi (IT) Pindorama (PD), Rubidoux (RB) avaliados aos 60 DAT

Uma série de fatores influencia diretamente o desenvolvimento de porta-enxertos de citros, sendo os principais: o tipo de genótipo utilizado na produção das mudas, a quantidade adequada de água fornecida às plantas, a nutrição balanceada, a temperatura adequada e a sanidade das plantas. Esses fatores atuam diretamente no desempenho final do porta-enxerto nas fases iniciais de produção de mudas (Zhu et al., 2020, Aparicio-Durán et al., 2021).

Com relação ao diâmetro do caule (Figura 16-B), as maiores taxas de crescimento foram observadas nos porta-enxertos PD e IT, que apresentaram, ao final de 240 dias após o transplântio, valores médios de 7,06 mm e 6,58 mm, medidos na altura de 20 cm acima do colo, respectivamente. Já os menores valores foram encontrados nos trifoliatoeiros RB e FD, com médias de 5,22 mm e 5,33 mm aos 240 dias, medidos na altura de 5 cm acima do colo. O crescimento do diâmetro do caule é

um fator importante para a produção de mudas de citros, principalmente para a realização da enxertia nos porta-enxertos. No caso da limeira ácida 'Tahiti', é ideal que os porta-enxertos apresentem diâmetro mínimo entre 7 e 10 mm, a 20 cm de altura acima do colo. Esse resultado evidencia que o desenvolvimento dos porta-enxertos 'Flying Dragon' em diâmetro e altura é mais lento e menos uniforme em relação aos demais porta-enxertos utilizados.

O crescimento do diâmetro do caule dos porta-enxertos, principalmente do gênero *P. trifoliata* e de seus híbridos, está relacionado a diversos fatores, como o arranjo dos vasos condutores, a anatomia do caule do porta-enxerto, a resistência hidráulica e aos fatores hormonais. No que se refere a estes últimos, sobretudo à produção e ao transporte de auxinas e giberelinas, a redução das taxas desses hormônios na planta, bem como do seu transporte, compromete a divisão celular, especialmente das células dos vasos condutores, como o xilema e o floema, ocasionando maior resistência no transporte de água e nutrientes nesses porta-enxertos, fatores igualmente importantes para o desenvolvimento da planta (Martinez-Alcántara et al., 2013, Yuan et al., 2019, Hayat et al., 2020).

Já em relação aos valores do índice SPAD, que mede o teor de clorofilas nas plantas, não foram observadas diferenças significativas entre os quatro porta-enxertos avaliados. Os mesmos valores de 69 foram encontrados nos porta-enxertos PD, IT e FD. O menor valor foi obtido para o trifoliateiro Rubidoux, que apresentou índice SPAD de 49, resultado que pode ser justificado pela presença de clorose nas folhas desse porta-enxerto (Figura 17). Segundo Modica et al. (2025), porta-enxertos do gênero *P. trifoliata* são altamente sensíveis a variações térmicas, quando, em estresse térmico por temperaturas elevadas, ocorrem processos oxidativos por espécies reativas ao oxigênio, ocasionando a degradação das membranas celulares dos tilacoides e cloroplastos onde estão as clorofilas, ocasionando a presença de clorose em algumas espécies.

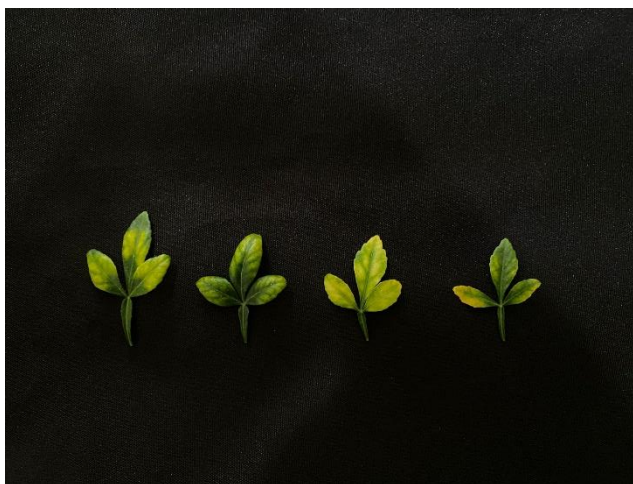


Figura 15: Presença de clorose nas folhas do porta-enxerto Rubidoux

No entanto, as menores taxas de clorofila não afetaram diretamente o vigor desse material, sobretudo quando comparadas às suas taxas de crescimento (Figura 16) com as do ‘Flying Dragon’ e suas variantes.

Com relação à altura, aos 240 dias após o transplântio para os citrovasos, os maiores valores foram obtidos pelo porta-enxerto IAC Pindorama, com média de 67 cm. Não houve diferença significativa entre os porta-enxertos Itajobi e Rubidoux, ambos com médias de 50 cm. O menor valor de altura aos 240 dias após o transplântio foi observado para o porta-enxerto ‘Flying Dragon’, com altura média de 29 cm (Tabela 7).

Tabela 7: Altura, Diâmetro (DIA), número médio de folhas (N°F), índice de área foliar (IAF), comprimento da raiz (CR), volume da raiz (VR), massa seca da raiz (MSR), massa seca do caule (MSC) e massa seca das folhas (MSF), dos porta-enxertos ‘Flying Dragon’ (FD).

| PE  | Altura<br>(cm) | Dia<br>(mm) | N° F  | IAF   | CR<br>(cm) | VR<br>(m <sup>2</sup> ) | MSR<br>(g) | MSC<br>(g) | MSF<br>(g) |
|-----|----------------|-------------|-------|-------|------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| PD  | 67a            | 8,62a       | 36a   | 239a  | 64a        | 25a                     | 7,15a      | 6,61a      | 1,27a      |
| IT  | 50b            | 7,50ab      | 24b   | 150b  | 48b        | 15ab                    | 3,76ab     | 3,06a      | 1,25a      |
| RB  | 50b            | 6,60ab      | 27ab  | 86bc  | 50ab       | 20ab                    | 3,52ab     | 2,3ab      | 0,59ab     |
| FD  | 29c            | 5,41b       | 22b   | 68c   | 39b        | 6b                      | 2,68b      | 1,1b       | 0,40b      |
| CV% | 9,82           | 16,27       | 11,97 | 20,64 | 12,6       | 37,7                    | 35,6       | 20,6       | 30,05      |

Médias seguidas pela mesma letra na barra não diferem entre si, pelo teste de *Duncan* ( $P \leq 0,05$ )

Valores menores de altura foram encontrados por Singh e Chahal (2021), ao avaliarem 16 porta-enxertos, especialmente o Rubidoux e o citrumeleiro Swingle, que, aos 255 dias após o transplântio, atingiram alturas de 26 cm e 40 cm, respectivamente.

Esses resultados indicam que a altura final dos porta-enxertos antes da realização da enxertia não segue um padrão homogêneo, variando conforme o genótipo e sua interação com fatores ambientais, como clima e temperatura, além do fluxo de seiva e da fase de maturação em que esses porta-enxertos se encontravam no momento do transplante.

Já o diâmetro do caule medido a 20 cm de altura, aos 240 dias após o transplante, os porta-enxertos que apresentaram os maiores valores foram o IAC Pindorama, que não diferiu significativamente do IAC Itajobi e o trifoliateiro Rubidoux, com valores de 8,62 mm, 7,50 mm e 6,60 mm, respectivamente (Tabela 7). Já os menores valores foram encontrados para o trifoliateiro 'Flying Dragon', medidos na altura de 5 cm acima do colo, com diâmetro médio de 5,41 mm. O maior diâmetro encontrado para o porta-enxerto IAC Pindorama em contraste ao FD, se deve principalmente ao seu vigor genético, que favorece maior atividade do meristema caulinar, ocasionando transporte de seiva, nutrientes, fitormônios e água pelos vasos condutores, que são essenciais para a divisão celular das células do caule, levando ao ganho de diâmetro dessa área.

Valores próximos aos do trifoliateiro 'Flying Dragon', foram encontrados por Singh e Chahal (2021) aos 255, para os trifoliateiro Rubidoux e US-852, que com valores médios de 5,20 mm e 5,41 mm. Isso mostra que esses genótipos têm uma menor resposta ao desenvolvimento vigoroso, sendo diretamente afetados pela sua interação com o clima e a temperatura, ocasionando um desenvolvimento mais lento ou moderado em comparação a outros porta-enxertos de citros.

Com relação ao número de folhas (Tabela 7), os maiores valores foram observados no porta-enxerto IAC Pindorama, com média de 36, seguido do trifoliateiro Rubidoux, com 27 folhas. Os menores valores foram verificados nos porta-enxertos IAC Itajobi e 'Flying Dragon', com médias de 24 e 22 folhas, respectivamente. O maior número de folhas nos porta-enxertos Pindorama e Rubidoux, na fase final para enxertia, resulta do maior vigor desses genótipos, o que possibilita maior produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, um número mais elevado de folhas por planta.

Com relação ao comprimento e ao volume das raízes (Tabela 7), os maiores valores dessas variáveis foram observados no porta-enxerto IAC Pindorama, em contraste ao FD, conforme observado entre os sistemas radiculares dos porta-enxertos (Figura 18).



Figura 16: Sistema radicular dos porta-enxertos, Pindorama (PD), Rubidoux (RB), Itajobi (IT) e 'Flying Dragon' (FD) aos 240 dias após o transplântio para os citrovasos

Os índices de área foliar, a massa seca de caule e massa seca de folhas também indicam um contraste entre o Pindorama e o FD, que tiveram os maiores e menores valores observados, respectivamente (Tabela 7).

O maior valor de massa seca do caule está relacionado ao maior tamanho e diâmetro nos porta-enxertos, o que resulta em maior densidade de massa seca.

## 6. CONCLUSÕES

As sementes dos porta-enxertos Pindorama e Itajobi demonstram maior viabilidade nas características avaliadas, em comparação aos trifoliateiros 'Flying Dragon' e Rubidoux, sobretudo quanto à velocidade de germinação e às maiores taxas de poliembrionia;

As maiores resistências hidráulicas foram observadas nos porta-enxertos 'Flying Dragon' e Itajobi.

O citrandarin 'Itajobi' é uma opção de porta-enxerto indutor de nanismo com maior vigor em viveiro, em contraste com o 'Flying Dragon';

O citrandarin 'Pindorama' apresenta a menor resistência hidráulica e o ciclo mais rápido na produção de mudas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abobatta, W. (2021) Gerenciando pomares de frutas cítricas em condições de mudanças climáticas. Citrus Research Department, Horticulture Research Institute-Agriculture Research Center, 43-44p.
- Albrecht, U., Tripathi, I., Bowman, K.D. (2020) Rootstock influences the metabolic response to *Candidatus Liberibacter asiaticus* in grafted sweet orange trees. *Trees - Struct. Function*, 34:405–431. DOI doi.org/10.1007/s00468-019-01925-3.
- Aparicio-Durán L., Hervalejo, A., Calero-Velázquez, R., Arjona-López, J.M., Arenas-Arenas, F.J. (2021) Salinity effect on plant physiological and nutritional parameters of new Huanglongbing disease-tolerant citrus rootstocks. *Agronomy*, 11:653. DOI doi.org/10.3390/agronomy11040653.
- Azevedo, A. F. (2021) Lima ácida Taiti: Variedades copas e porta-enxertos. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/>. Acessado em 05/06/2024.
- Balfagón, D. (2022) Grafting improves tolerance to combined drought and heat stresses by modifying metabolism in citrus scion. *Environmental and Experimental Botany*, 19:104-793. DOI doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104793.
- Barbosa, V. R., Bizari, D. R., Azevedo, F. A., Yaly, M. C., Rodrigues, J., Gonçalves, A. O. (2023) Crescimento inicial de citrandarins para produção de mudas cítricas. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, 13:e13235. DOI doi.org/10.4322/2359-6643.13235.
- Barbosa, V; Bizari, D., De Azevedo, F., Yaly, M., Rodrigues, J; Gonçalves, A. (2023) Crescimento inicial de citrandarins para produção de mudas cítricas. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*. DOI doi.org/10.4322/2359-6643.13235.
- Basile, B., Marsal, J., DeJong, T. M. (2003) Daily shoot extension growth of peach trees growing on rootstocks that reduce scion growth is related to daily dynamics of stem water potential. *Tree Physiology*, 23:695-704. DOI doi.org/10.1093/treephys/23.10.695.
- Bastos, D. C., Pinto, J. M., Yuri, J. E., Calgaro, M., Araújo, J. L. P. (2022) Recomendações para a produção da lima ácida ‘Tahiti’ em áreas de agricultura de base familiar. Embrapa Semiárido. Petrolina-PE. 11-34p.

Bolle-Jones, E. W. (1954) Copper: its effect on the growth of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). *Plant and Soil*, 10:150-178.

Bowman, K.D., Joubert, J. (2020) Citrus rootstocks. In: Caruso, M., Gmitter Jr., F.G. (Eds.), *The Genus Citrus*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY, USA, 105-127p. DOI doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00006-1.

Carvalho, H. W. L., Carvalho, L. M., Teodoro, A. V., Barros, I., Martins, C. R., Filho, W. S. S. F., Girardi, E. A., Passos, O. P., Santos, L. A. N., Suzarte, J. S. (2019) Porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' clone 'IAC-5' nos estados da Bahia e de Sergipe. Aracaju-SE, EMBRAPA, 1-8p.

Carvalho, L. M., Carvalho, H. W. L. de., Barros, I. de., Martins, C. R., Soares Filho, W. dos S., Girardi, E. A., Passos, O. S. (2019) *New scion-rootstock combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils*. *Scientia Horticulturae*, v. 243, p. 169–176, DOI doi.org/ 10.1016/j.scienta.2018.07.032.

Carvalho, L.M., Carvalho, H.W.L., Soares filho, W.S., Martins, C.R., Passos, O.S. (2016) Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*, 51:32-141. DOI doi.org/10.1590/S0100-204X2016000200005.

Carvalho, S. A., Girardi, E. A., Mourão Filho, F. A. A., Ferrarezi, R. S., Coletta Filho, H. D. (2019) Advances in citrus propagation in Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41:e-422. DOI doi.org/10.1590/0100-29452019422.

CCSM. (2021) Centro de Citricultura Sylvio Moreira. Lima ácida Tahiti no Centro de Citricultura: pesquisas e difusão de tecnologia. Cordeirópolis-SP, 308:1.

Chen, Z., Deng, H., Xiong, B., Li, S., Yang, Y., Huang, S., Tan, L. S. G., Wang, Z. (2022) Rootstock Effects on Anthocyanin Accumulation and Associated Biosynthetic Gene Expression and Enzyme Activity during Fruit Development and Ripening of Blood Oranges. *Agriculture*, 12:342. DOI doi.org/10.3390/agriculture12030342

Cohen, S., Tyree, M., Naor, A., Lakso, A.N., Robinson, T.L., Cohen, Y. (2002) The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters

of apple trees; and predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant, Cell and Environment*, 27:17-28. DOI [doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00795](https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00795).

Costa, D. P., Stuchi, E. S., Girardi, E. A., Moreira, A. S., Gesteira, A. da S., Coelho Filho, M. A., Ledo, C. A. S., Silva, A. L. V., Leão, H. C., Passos, O. S., Soares Filho, W. dos S. (2021) Less Is More: A Hard Way to Get Potential Dwarfing Hybrid Rootstocks for Valencia Sweet Orange. *Agriculture*, 11:354. DOI [doi.org/10.3390/agriculture11040354](https://doi.org/10.3390/agriculture11040354).

Costa, D.P., Ribeiro, L. de O., Coelho Filho, M.A., Ledo, C.A. da S., Stuchi, E.S., Girardi, E.A., Gesteira, A.S., Soares Filho, W. S. (2020) Nonparametric indices for the selection of hybrid citrus as rootstocks grafted with 'Valência' sweet Orange. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 1:592. DOI [doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01592](https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01592)

de Souza, A. J. B., Cristofani-Yaly, M., da Conceição, P. M., Devite, F. T., Bastianel, M., Romero, P. V. S., Padilha, P. H. B., de Azevedo, F. A. (2025) Physiological and productivity responses of Tahiti acid lime grafted onto dwarfing rootstocks under different planting and mulching practices. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9:1489291. DOI [doi.org/10.3389/fsufs.2025.1489291](https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1489291).

Domingues Neto, F. J., Carneiro, D. C. S., Putti, F. F., Rodrigues, J. D., Tecchio, M. A. M., Leonel, S., Silva, M. S. (2024) Physiological Indexes in Seed Germination and Seedling Growth of *Citrus limonia* L. Osbeck under Plant Growth Regulators. *Agronomy*, 14:1-16. DOI [doi.org/10.3390/agronomy14092066](https://doi.org/10.3390/agronomy14092066).

Duarte, F. E. V. O., Barros, D. R., Girardi, E. A., Soares Filho, W. S., Passos, O. S. (2013) Polyembryony and morphological seed traits in citrus rootstocks. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35:246-254. DOI [doi.org/10.1590/S0100-29452013000100028](https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000100028).

Embrapa (2023) Cultivo de lima ácida Tahiti. Disponível em: [https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-solucoes-tecnologicas/produto-servico/busca/Tahiti?p\\_auth=2EVEeqqk](https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-solucoes-tecnologicas/produto-servico/busca/Tahiti?p_auth=2EVEeqqk). Acesso em: 12 de maio de 2024.

Embrapa (2023) Cultivo de lima ácida Tahiti. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-solucoes-tecnologicas/produto-servico/busca/Tahiti>. Acesso em: 12 de maio de 2024.

Embrapa (2023) Produção de sementes de porta-enxertos de citros. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1070247>. Acesso em: 11 de março de 2026.

Embrapa (2023) Sistema de produção de mudas de citros. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc>. Acesso em: 9 de março de 2025.

FAOSTAT. (2020) The FAO Statistical Database. Pesquisado em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acessado em 18/03/2024.

FAOSTAT. (2021) Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de banana, coco, limão e manga. Roma. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acessado em: 27/02/ 2025.

Feichtenberger, E. (2020) Gomose de Phytophthora dos Citros: importância, etiologia, ecologia, epidemiologia e manejo. In: 53º Curso de Habilitação de Responsáveis Técnicos para Emissão de CFO/CFOC, 2020. Campinas, 15p.

Fundecitrus. (2023) Estimativa da safra de laranja parque citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pes/estimativa>. Acesso em: 27/03/2023.

Girard, E. A.; Stuchi, E. S., Passos, O. S., Soares Filho, W. S., Paronlin, L. G., Reiff, E. T., Dobre, R. P. (2017) Minimudas: Produção de mudas de citros em recipientes pequenos, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Circular Técnico, 123. Cruz das Almas-BA, 1-10p.

Girardi, E. A., Mourão Filho, F. A. A., Alves, A. S. R. (2010) Mudas de laranjeira Valência sobre dois porta-enxertos e sob diferentes manejos de adubação. Revista Brasileira de Fruticultura, 32:855-864. DOI [doi.org/10.1590/S0100-29452010005000082](https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000082).

Goldschmidt, E. E. (1997) Effect of climate on fruit development and maturation. Citrus Flowering and Fruiting Short Course. Citrus Research and Education Center, Lake Alfred, IFAS, Univ. of Florida, 93-97p.

Gomes, F. G. (2022) Evolução da produção de limões e limas no Brasil e no mundo. Pindorama: Esalq/Centro de Citricultura de Cordeiropolis. Disponível em: <https://ccsm.br/publicacoes/limao-em-foco/> . Acesso em: 25/08/2025.

Guerra, D., Schifino-Wittmann, M. T., Schwarz, S. F., Souza, P. V. D., Weiler, R. L. (2012) *Caracterização morfológica, determinação do número de embriões e taxa de poliembrionia em três porta-enxertos híbridos de citros*. *Bragantia*, v. 71, p. 196–201. DOI [doi.org/10.1590/S0006-87052012000200007](https://doi.org/10.1590/S0006-87052012000200007).

Guilherme, D. O. (2013) Uso do porta-enxerto Flying Dragon na produção de mudas e no cultivo inicial de citros no norte fluminense. Tese (Doutorado) -Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 97p.

Han, Q., Guo, Q., Korpelainen, H., Niinemets, Ü., Li, C. (2019) Rootstock determines the drought resistance of poplar grafting combinations. *Tree Physiology*, 39:1855-1866. DOI [doi.org/10.1093/treephys/tpz102](https://doi.org/10.1093/treephys/tpz102).

Hayat, F., Li, J., Liu, W., Li, C., Song, W., Iqbal, S., Khan, U., Javed, H., Altaf, M., Tu, P., Chen, J., Liu, J. (2022) Influence of Citrus Rootstocks on Scion Growth, Hormone Levels, and Metabolites Profile of ‘Shatangju’ Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Horticulturae*, 8:1-17. DOI [doi.org/10.3390/horticulturae8070608](https://doi.org/10.3390/horticulturae8070608)

Hayat. F., Li. J., Iqbal. S., Peng. Y, Hong. L., Balal. R. M., Khan. M. N., Nawaz. M. A., Khan. U., Farhan. M. A., Li. C; Song. W., Tu. P., Chen. J. (2020) A Mini Review of Citrus Rootstocks and Their Role in High-Density Orchards. *Plants*, 11:2876.

IBGE. (2022) Produção de limão. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/limao/br>. Acesso em: 09/06/2025.

IBGE. (2024) Produção de limas e limões no Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/limao/br>. Acessado em: 13/10/2025.

IBGE. PAM — produção agrícola municipal. Brasília, DF. (2020) Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipalculturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>. Acesso em: 27/02/ 2025.

IBGE. PAM — produção agrícola municipal. Brasília, DF. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipalculturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>. Acesso em: 12/04/ 2024.

Instituto Agrônômico (2021) IAC apresenta nova variedade de lima ácida Tahiti, a IAC 10, e dois novos porta-enxertos. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes>. Acesso em: 29 de março de 2023.

Instituto Agrônômico (2023) Cultivares – Frutas: citros. Disponível em: <https://bluein.iac.sp.gov.br/portfolio-iac/cultivares/frutas-citros/>. Acesso em: 29 de março de 2023.

Instituto Agrônômico (2023) Novos citrandarins para a citricultura moderna. Campinas: Instituto Agrônômico. Disponível em: <https://ccsm.br/wp-content/uploads/2023/05/2023-Folder-Citrandarins.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2025.

Kishore, K.; Monika, N.; Rinchen, D.; Lepcha, B.; Pandey, B. 2012. Polyembryony and seedling emergence traits in apomitic citrus. *Scientia Horticulturae* 138: 101-107. DOI [doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.035](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.035)

LE, L. M., Wakana, A., Sakai, K., Mizunoe, Y., Kajiwara, K., Kajihara, S., Ozaki, Y. (2019) Inheritance of albinism in grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.; al2+ al2-) and 'Hanayu' (*C. hanaju* hort. ex Shirai; al1+ al1-). *Journal of Agricultural Science and Botany*, 3:1-5.

Li, S., Huang, X., Zheng, R., Zhang, M., Zou, Z., Heal, K., Zhou, L. (2024) Plasticidade do xilema da raiz, caule e ramo em *Cunninghamia lanceolata* sob estresse hídrico: implicações para a integridade hidráulica da planta inteira. *Frontiers in Plant Science*, p.15. DOI doi.org/10.3389/fpls.2024.1308360.

Li, S., Yang, L., Wang, M., Chen, Y., Yu, J., Chen, H., Yang, H., Wang, W., Cai, Z., Hong, L. (2024) Effects of rootstocks and developmental time on the dynamic changes of main functional substances in 'Orah' (*Citrus reticulata* Blanco) by HPLC coupled with UV detection *Frontiers in Plant Science* . DOI doi.org/10.3389/fpls.2024.1382768. Disponível em <https://www.frontiersin.org/journals/plantscience/articles/10.3389/fpls.2024.1382768/full>. Acessado em: 05/08/2025.

Li. Q., Zhu. C. C. A., Zeng. Y., Huang. Y., Liang. L. (2024) Differences in fruit quality between Jinqiu Shatangju tangerine (*Citrus reticulata* 'Jinqiu Shatangju') grafted on two types of rootstocks and the relationship with absorption, distribution, and utilization of nitrogen. *Scientia Horticulturae*. 328:112-926. DOI doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112926

Maria, J. R., Lendo, E. A. G., Almeida, L. A. H. A., Filho, W. S. S. (2015) Caracterização de frutos e propagação de porta-enxertos híbridos de citros em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37:457-470. DOI doi.org/10.1590/0100-2945-068/14.

Maro, L. A. C. (2024) Trifoliateiro 'Flying Dragon': potencial de uso e limitações. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, 37:1-9. DOI <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1809>.

Martínez-Alcántara, B., Rodríguez-Gamir, J., Martínez-Cuenca, M. R., Iglesias, D. J., Primo-Millo, E., Forner-Giner, M. A. (2013) Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raf. var. *monstrosa*). *Trees - Structure and Function*, 27:629-638, DOI doi.org/10.1007/s00468-012-0817-1.

Martínez-Alcántara, B., Rodríguez-Gamir, J., Martínez-Cuenca, M.R; Iglesias, D.J., Primo-Millo, E., Forner-Giner, M.A. (2013) Relationship between hydraulic con-

ductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. *monstrosa*). 27:629-638. DOI [doi.org/10.1007/s00468-012-0817-1](https://doi.org/10.1007/s00468-012-0817-1)

Martins, O. G., Silva, T. A., Silva, A. S.; Santos, L. L., Nascimento, D. F. C., Fernandes, P. D., Filho, W. S. S. F., Brito, M. E. B. (2022) Desempenho produtivo inicial da limeira ácida 'Tahiti' em distintos porta-enxertos e níveis de águas salinas. Scientific Article, Fortaleza-CE, 53:1-10. DOI [doi.org/10.5935/1806-6690.20220019](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220019).

Mendonça, J. C., Souza, E. F., Bernardo, S., Sugawara, M. T., Anderson, L. P., Romildo, D. G. (2007) Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Campos dos Goytacazes, RJ. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 11: 471-475. DOI [doi.org/10.1590/S1415-43662007000500004](https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000500004).

Miranda, M. T., Pires, G. S., Pereira, L., Lima, R. F., Silva, S. F., Mayer, J. L. S., Azevedo, F. A. A., Machado, E. C., Jansen, S., Ribeiro, R. V. (2024) Rootstocks affect the vulnerability to embolism and pit membrane thickness in Citrus scions. Plant, Cell Environment, 47:3063-3075. DOI [doi.org/10.1111/pce.14924](https://doi.org/10.1111/pce.14924).

Modica, G., Pannitteri, C., Di Guardo, M., La Malfa, S., Gentile, A., Ruberto, G., Pulvirenti, L., Parafati, L., Continella, A., Siracusa, L. (2025) Influência do genótipo do porta-enxerto nas respostas metabólicas individuais e no potencial antioxidante da laranja sanguínea cv. Tarocco Scirè. *Jornal de Composição e Análise de Alimentos*, p104-246 DOI [doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104246](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104246).

Monteiro, J. E. B. A. (2009). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, p 546.

Moreira, R. A., José. D. R. Cruz. Maria. Monteiro. (2010) Caracterização de frutos e poliembrionia em sementes de 'Flying Dragon' e de híbridos de porta-enxerto de citros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32:486-492. DOI [doi.org/10.1590/S0100-29452010005000056](https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000056).

Moreira, R. A.; Ramos, J. D., Cruz, M. C. M. (2010) Caracterização de frutos e poliembrionia em sementes de 'Flying Dragon' e de híbridos de porta-enxerto de citros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32:486-492.

Olibone. D., Roncatto. G., Silva. B. A. H., Botelho. S. C. C., Romano. M. R., Girardi. E. A. (2022) Crescimento vegetativo de limeira ácida 'Tahiti' sobre novos porta-enxertos de citros em sorriso-mt. XXVII Congresso Brasileiro DE Fruticultura & XVII ENFRUTE, Florianópolis – SC, 1408-1411p. Acessado em 15/06/2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1150732/crescimento-vegetativo-de-limeira-acida-tahiti-sobre-novos-porta-enxertos-de-citros-em-sorriso-mt>.

Oliveira, R. P., Scivittaro, W. B., Carvalho, F. L. C., Souza, P. V. D., Tarillo, V. R. C., Lima, G. A. S. (2017) Produção de Mudras de Citros em Ambiente Protegido (Embrapa Clima Temperado, Documentos, 444). Pelotas-RS. Embrapa Clima Temperado. Acessado em: 15/06/2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1083283/producao-de-mudas-de-citros-em-ambiente-protegido>.

OMS. (2025). Disponível em: <https://worldcitrusorganisation.org/facts-and-figures/>. Acesso em: 09/06/2025.

Pimentel, U. V., Martins, A. B. G., Barbosa, J. L., Cavallari, L. L. (2014). Nutrição do porta-enxerto 'Flying Dragon'. Rev. Bras. Frutic, Jaboticabal – SP. 36:495-502. DOI [doi.org/10.1590/0100-2945-193/13](https://doi.org/10.1590/0100-2945-193/13).

Poggi I, Polidori, J.J., Gandoin, J.M., Paolacci V., Battini, M., Albertini, M., Ameglio, T., Cochard H (2007) Regulação estomática e cavitação do xilema em Clementine (Citrus clementina Hort) sob condições de seca. J Hortic Sci Biotecnologia 82:845-848. DOI 10.1080/14620316.2007.11512316.

Pompeu Júnior, J. (2005). Porta-enxertos. In D. Mattos Júnior, J. D. De Negri, R. M. Pio e Pompeu Júnior, J. (Eds.), Citros. Campinas: Instituto Agrônômico, FUNDAG. pp. 61- 104p

Pompeu, J. (2001). Rootstocks and scions in the citriculture of the São Paulo State. In: International Congress of citrus nurserymen. Ribeirão Preto, Proceedings. Bebedouro: International Society of Citrus Nurserymen. 75-82p.

Pompeu, J., Blumer, S. (2018). Propagação e porta-enxertos de citros. In: MATTOS Junior, D. et al. (Org.). Citros no Brasil: tecnologias de produção. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2:103-122.

Popinigis, F. (1977) Fisiologia da semente. Brasília: AGIPLAN/BID, 288p. Acessado em: 15/06/2025. Disponível em: [https://www.conferencebr.com/conteudo/biblioteca/012\\_flavio-popinigisfisiologiaportugues-1684359074.pdf](https://www.conferencebr.com/conteudo/biblioteca/012_flavio-popinigisfisiologiaportugues-1684359074.pdf).

Queiroz, C. J. S., Girardi, E. L. V., Ledo, C. A. S., Filho, W. S. S. (2012) Caracterização morfológica, determinação do número de embriões e taxa de poliembrionia em três porta-enxertos híbridos de citros. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal – SP. 37:72-178. DOI <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012000200007>.

Rasool, A., Mansoor, S. (2020) Mechanisms underlying graft union formation and rootstock scion interaction in horticultural plants. Frontiers in plant science, 11:590-847. DOI [doi.org/10.3389/fpls.2020.590847](https://doi.org/10.3389/fpls.2020.590847).

Rodrigues, F. A., Freitas, G. F., Moreira, R. A., Pasqual, M. (2010) Caracterização dos frutos e germinação de sementes dos porta-enxertos trifoliata Flying Dragon e Citrumelo Swingle. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, 32:180-118. DOI [doi.org/10.1590/S0100-29452010005000121](https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000121).

Rodrigues, M. J. S., Andrade Neto, R. C., Lessa, L. S., Girardi, E. A., Soares Filho, W. S. (2018) Desempenho agrônomo de lima ácida Tahiti em combinação com diferentes porta-enxertos em Capixaba, Acre. *Enciclopédia Biosfera*, 15:353-363. DOI [doi.org/10.18677/EnciBio\\_2018B30](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018B30).

Rodrigues, M. J. S., Oliveira, E. R. M., Girardi, E. A., Ledo, C. A. S., Soares Filho, W. S. (2016) Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. Revista Brasileira de Fruticultura, 38(1):187-201. DOI [doi.org/10.1590/0100-2945-284/14](https://doi.org/10.1590/0100-2945-284/14).

Rodrigues, M. J., Ledo, C. A., Girardi, E. A., Almeida, L. A. H., Filho, W. S. S. (2015) Caracterização de frutos e propagação de porta-enxertos híbridos de citros em ambiente protegido. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal-SP. 37:457- 470. DOI [doi.org/10.1590/0100-2945-068/14](https://doi.org/10.1590/0100-2945-068/14).

Schäfer, G., Souza, P. V. D., Koller, O. C., Schwarz, S. F. (2006) Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. *Ciência Rural*. 36:1723-1729. DOI [doi.org/10.1590/S0103-84782006000600009](https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600009).

Schinor, E.H., Nascimento, A.L., Paes de Barros, V.L.N., Bastianel, M., Azevedo, F.A., Cristofani-yaly, M. (2015) Atributos de frutos e crescimento vegetativo de porta-enxertos de citrandarins em viveiro. *Citrus Research Technology*, 36:27-35. DOI [10.5935/2236-3122.20150004](https://doi.org/10.5935/2236-3122.20150004)

Singh, S., Chahal, T. S. (2021) Estudos sobre o crescimento, enraizamento e desempenho de porta-enxertos de citrus. *Journal of Applied Horticulture*, 23: 93-98. DOI [doi.org/10.37855/jah.2021.v23i01.18](https://doi.org/10.37855/jah.2021.v23i01.18).

Solari, L., Johnson, S., Dejong, T. (2006). Características de condutância hidráulica de pessegueiros (*Prunus persica*) em diferentes porta-enxertos estão relacionadas à produção e distribuição de biomassa. *Tree physiology*, 26:13-50. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.10.1343> .

Sombra, K. E. S., Costa, A. C; Silva, F. L. C. L., Andrade, H. M., Bastos, D. C., Nascimento, C. (2019) Emergência e desenvolvimento inicial de porta-enxertos de citros no semiárido do Ceará, Brasil. *Citrus Research Technology*, 40:1042, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/crt.00162>. Acessado em 04/07/2025.

Sousa, M.C., Marinho, C.A., Silva, M.P. S., Carvalho, W. S. G., Amaral, B.D. (2018) Production efficiency and quality in seedlings of the ‘Pera’ orange interstocked with nucellar plantlet tissue. Fortaleza, CE. *Revista Ciência Agronômica*, 49:53-61. DOI [doi.org/10.5935/1806-6690.20180006](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180006).

Steppe, K., Pauw, D., Lemeur, R., Vanrolleghem, P. (2006) Um modelo matemático que relaciona a dinâmica do fluxo de seiva das árvores às flutuações diárias do diâmetro do caule e ao crescimento radial do caule. *Fisiologia das árvores* , 26:57-73. DOI [doi.org/10.1093/treephys/26.3.257](https://doi.org/10.1093/treephys/26.3.257).

Stuchi, E. S., Donadio, L. C., Sempionato, O. R. (2002) Produtividade e tamanho das plantas do clone cnpmf-01, premunizado contra a tristeza dos citros da limeira-ácida ‘Tahiti’ em bebedouro (sp). *Laranja*. 23:221-230. Acesso em: 12/04/ 2024. Disponível

em:<https://www.citrusrt.ccsm.br/article/59afd1560e8825e625dde271/pdf/citrusrt-23-1-221.pdf>

Swaef. T., Schepper. V., Maurits. W, V., S. K, S. (2015) Variações do diâmetro do caule como uma ferramenta versátil de pesquisa em ecofisiologia, *Tree Physiology*, 35:1047-1061. DOI [doi.org/10.1093/treephys/tpv080](https://doi.org/10.1093/treephys/tpv080)

Teixeira, P. T. L. (2008) Tecnologias para a produção de portaenxertos cítricos em ambiente protegido. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 131p.

Wang, P.,Liu, F., Sun, Y., Liu, X., Jin, L. (2025) Insights fisiológicos e moleculares sobre as interações entre porta-enxerto e enxerto de citros: compatibilidade, sinalização e impacto no crescimento, qualidade dos frutos e respostas ao estresse. *Horticulturae* . DOI [doi.org/10.3390/horticulturae11091110](https://doi.org/10.3390/horticulturae11091110) .

World Citrus Organisation. About WCO. (2025) Disponível em: <https://worldcitrusorganisation.org/facts-and-figures/>. Acesso em: 09/06/2025.

Xu, K.Y.,Wang, X.H., Song, B., Guo, S.W., Zheng, C.Y.,Guo, J.X., Wu, L.Q., Su, D. (2021) Effects of nitrogen topdressing at different stages on nitrogen distribution in mature pomelo trees. *J. Plant Nutr. Fertilizers*, 27:553–564. DOI [10.11674/zwyf.20468](https://doi.org/10.11674/zwyf.20468)

Yuan, H., Zhao, L., Guo, W., Yu, Y., Tao, L., Zhang, L., Song, X., Huang, W., Cheng, L., Chen, J., Guan, F., Wu. (2019) Exogenous Application of Phytohormones Promotes Growth and Regulates Expression ofWood Formation-Related Genes in *Populus simonii* x *P. nigra*. *International Journal of Molecular Sciences*. 20:1-18. DOI [10.3390/ijms20030792](https://doi.org/10.3390/ijms20030792)

Zhu, S.P., Huang, T.J., Yu, X., Hong, Q.B., Xiang, J.S., Zeng, A.Z., Gong, G.Z., Zhao, X.C. (2020) The effects of rootstocks on performances of three late-ripening navel orange varieties. *J. Integr. Agric.*19:1802-1812.