

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA - UFRB  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR EM  
LARANJEIRA DOCE SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS**

**VÍTOR ROCHA DA CONCEIÇÃO**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
DEZEMBRO – 2023**

# **SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR EM LARANJEIRA DOCE SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS**

**VÍTOR ROCHA DA CONCEIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Colegiado de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Co-Orientador 1: Dr. Maurício Antônio Coelho Filho

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**DEZEMBRO - 2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA - UFRB  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TRABALHO DE  
CONCLUSÃO DE CURSO DEVÍTOR ROCHA DA CONCEIÇÃO**



Prof. Dr. Mauricio Antonio Coelho Filho  
Embrapa Mandioca e Fruticultura – Embrapa  
PPGEA - UFRB  
(Orientador)



Dra. Indira Pereira Da Silva  
Universidade Estadual de Santa Cruz -UESC



Ms. Andrade Alves Dos Santos  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**DEZEMBRO – 2023**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	8
<b>2.1 Breve histórico e importância econômica da laranja doce</b> .....	8
<b>2.2 Exigências agroclimáticas</b> .....	9
<b>2.3 Importância dos porta-enxertos para citricultura</b> .....	11
2.3.1 Limoeiro 'cravo' ( <i>Citrus × limonia</i> Osb.) .....	11
2.3.2 Tangerineira 'Sunki Tropical' ( <i>Citrus sunki</i> Hort. ex Tan.).....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	12
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	14
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	17
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	18

## RESUMO<sup>1</sup>

### SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR EM LARANJEIRA DOCE SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS

O déficit hídrico limita significativamente o cultivo de citros, afeta a produtividade e qualidade das frutas devido a secas e altas temperaturas. Estratégias como o secamento parcial do sistema radicular (PRD) em cultivos irrigados são essenciais para otimizar o uso da água e enfrentar a deficiência hídrica. Entender as respostas fisiológicas das plantas sob diferentes condições de irrigação é crucial para o sucesso dessas técnicas. Este estudo teve como objetivo investigar as respostas fisiológicas da laranjeira doce enxertada em dois porta-enxertos distintos, sob a aplicação da técnica de PRD. O experimento em casa de vegetação avaliou laranjeiras 'Valência' enxertadas em limoeiro 'Cravo' e tangerineira 'Sunki Tropical' com raízes divididas em dois tubos de PVC com solo. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, 2x2, testando dois porta-enxertos e dois regimes de irrigação: controle (100% evapotranspiração) e déficit radicular parcial (PRD, 50% evapotranspiração), com seis repetições por tratamento. Monitorou-se a extração de água usando Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) e, após 30 dias, avaliaram-se trocas gasosas, eficiência no uso da água e carboxilação. Os dados foram analisados estatisticamente (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de F a 5% de significância. O estudo revelou que laranjeiras enxertadas no porta-enxerto limoeiro 'Cravo' extraíram mais água do solo que as enxertadas em Sunki 'Tropical', que adotou uma estratégia mais conservadora de uso de água e de assimilação de carbono em períodos de seca. Embora o 'Cravo' tenha mostrado eficiência superior na utilização da água em um dos testes, as diferenças fisiológicas entre os porta-enxertos não foram significativas. A pesquisa indica variações nas respostas dos genótipos à irrigação com déficit controlado, sugerindo a necessidade de estudos mais aprofundados, tanto em casa de vegetação quanto em práticas de manejo de irrigação em campo.

**Palavras-chave:** Déficit hídrico; *Citrus spp.*; irrigação.

---

<sup>1</sup> Artigo/Monografia formatado (a) de acordo com as normas da revista/ABNT XXXXX

## ABSTRACT

### PARTIAL ROOTZONE DRYING IN SWEET ORANGE TREES UNDER DIFFERENT ROOTSTOCKS

Water deficit significantly limits citrus cultivation, affecting productivity and fruit quality due to droughts and high temperatures. Strategies such as Partial Rootzone Drying (PRD) in irrigated crops are essential to optimize water use and address water scarcity. Understanding the morphophysiological responses of plants under different irrigation conditions is crucial for the success of these techniques. This study aimed to investigate the physiological responses of sweet orange trees grafted onto two distinct rootstocks under PRD application. The greenhouse experiment evaluated 'Valencia' orange trees grafted onto 'Cravo' lemon and Sunki 'Tropical' mandarin, with roots divided into two PVC tubes filled with soil. A completely randomized 2x2 design was used, testing two rootstocks and two irrigation regimes: control (100% evapotranspiration) and partial rootzone deficit (PRD, 50% evapotranspiration), with six repetitions per treatment. Water extraction was monitored using Time Domain Reflectometry (TDR), and after 30 days, gas exchange, water use efficiency, and carboxylation were evaluated. The data were statistically analyzed (ANOVA) and the means compared by the F-test at 5% significance. The study revealed that orange trees grafted onto 'Cravo' lemon rootstock extracted more water from the soil than those grafted onto Sunki 'Tropical', which adopted a more conservative water use and carbon assimilation strategy during drought periods. Although 'Cravo' showed superior water use efficiency in one of the tests, the physiological differences between the rootstocks were not significant. The research indicates variations in genotype responses to controlled deficit irrigation, suggesting the need for more in-depth studies, both in greenhouse conditions and in field irrigation management practices.

**Key-words:** Water deficit; *Citrus spp.*; irrigation.

## 1. INTRODUÇÃO

Acitricultura desempenha um papel vital tanto no mercado de exportação de suco de laranja quanto no consumo local, caracterizando-se como um dos pilares do desenvolvimento socioeconômico do país (IBGE, 2022). Essa atividade agrícola não apenas contribui significativamente para a balança comercial nacional, mas também é uma fonte primária de empregos, tanto diretos quanto indiretos, em áreas rurais e urbanas (NEVES et al., 2010). O Brasil é responsável por mais de 75% das exportações mundiais de suco de laranja e mais de 22% da produção global da fruta, evidenciando sua posição de destaque no cenário internacional (FAO, 2021; CITRUSB, 2023).

Apesar de sua relevância econômica e capacidade de adaptação, a citricultura no Brasil enfrenta desafios notáveis como estresses abióticos, especialmente em áreas com condições climáticas adversas (MAGALHÃES, 2005). Dentre os estresses abióticos, o déficit hídrico se sobressai como o principal fator ambiental impactando a produção de citros no país (ALMEIDA; PASSOS, 2011). Nas regiões produtoras de citros do Nordeste brasileiro, a irregularidade das chuvas e os extensos períodos de seca afetam significativamente tanto a produtividade quanto a qualidade das frutas (COELHO et al., 2006; DONATO et al., 2007). A disponibilidade de água é fundamental para manter processos fisiológicos vitais nas plantas, como a transpiração, a fotossíntese, a respiração e o crescimento (VIEIRA et al., 2010), o que torna a gestão eficiente dos recursos hídricos um aspecto crítico para a sustentabilidade e sucesso da citricultura na região (COELHO et al., 2006).

Neste contexto, é fundamental compreender as interações entre a disponibilidade de água, as características do solo e as respostas dos diferentes porta-enxertos a estresses abióticos. O estudo dessas dinâmicas é crucial para a compreensão dos mecanismos de tolerância à seca e da eficiência no uso da água nas plantas (MARTINS et al., 2014).

Uma abordagem inovadora no manejo da irrigação, diante dos atuais desafios, é a técnica de secamento parcial do sistema radicular (PRD). Estratégias de irrigação com déficit controlado, como o PRD, têm sido destacadas por Hargreaves e Samani (1984), pois podem aumentar os retornos econômicos por unidade de área em comparação com irrigações máximas. O PRD busca

otimizar o uso da água pelas plantas, gerando resultados variáveis de acordo com o porta-enxerto utilizado.

A estratégia do PRD, ao implementar déficit hídrico, implica na capacidade de reduzir o consumo de água nas culturas, mantendo a produção em níveis satisfatórios, apesar de impactar o crescimento vegetativo. Essa técnica baseia-se na produção aumentada de ácido abscísico (ABA) pelas raízes sob estresse hídrico, que se transloca para a parte aérea da planta. Isso leva ao fechamento parcial dos estômatos, diminuindo a perda de água para a atmosfera (DAVIES; ZHANG, 1991; GOWING et al., 1993).

Os impactos do PRD na produção e qualidade dos frutos cítricos têm sido amplamente estudados. O PRD, em particular, demonstrou um aumento significativo na eficiência no uso da água, que pode chegar a um incremento de 41-56% em comparação com a irrigação tradicional, como relatado por Amorim et al. (2021). Essa técnica não apenas preserva, mas também pode melhorar atributos de qualidade do suco, como o percentual de sólidos solúveis e a acidez, especialmente em variedades como 'Valência' e laranjas doces 'Navel', cultivadas em condições mediterrâneas (TREEBY et al., 2007; HUTTON; LANDSBERG; SUTTON, 2007; HUTTON; LOVEYS, 2011; Além disso, o PRD tem sido associado a influências positivas na expressão de genes ligados ao metabolismo do citrato e à biossíntese de carotenoides, contribuindo assim para a melhoria da qualidade dos frutos (AMORIM et al., 2021). No entanto, é importante notar que os efeitos do PRD em diferentes combinações de laranja e porta-enxerto em condições tropicais ainda não são completamente compreendidos, o que sugere a necessidade de mais investigações nesta área específica.

Este estudo, portanto, teve como objetivo investigar as respostas fisiológicas da laranjeira doce (*Citrus × sinensis* L. Osb.) enxertada em dois porta-enxertos contrastantes quando submetidos ao déficit hídrico, agora ao serem submetidos ao déficit hídrico controlado por meio do secamento parcial radicular (PRD) e alternado do sistema radicular (PRD).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Breve histórico e importância econômica da laranja doce**

As plantas cítricas, originárias de regiões subtropicais e tropicais do sul e sudeste da Ásia, datam de aproximadamente 20-30 milhões de anos (WEBBER; REUTHER; LAWTON, 1967). Com registros de cultivo desde antigas civilizações, como egípcios e gregos (ROOSE; SCOOST, 1996), pertencem à família Rutaceae, subfamília Aurantioideae, tribo Citreae e subtribo Citrinae.

A disseminação global das plantas cítricas teve marcos importantes, como as conquistas de Alexandre, o Grande, a expansão do Islã e as viagens de Cristóvão Colombo, que introduziu os citros no Novo Mundo (KOEHLER-SANTOS; DORNELLES; FREITAS, 2003). No Brasil, os portugueses introduziram as plantas cítricas durante a colonização, trazendo as primeiras sementes de laranja doce para os estados da Bahia e de São Paulo entre 1530 e 1540. A motivação era ter uma fonte de vitamina C para combater o escorbuto, doença que assolava as tripulações da época (ARAÚJO; ROQUE, 2005; NEVES; JANK, 2006).

As laranjas-doces (*Citrus × sinensis* L. Osb.) despontam como as frutas cítricas mais comercialmente relevantes, tanto para consumo fresco quanto para industrialização (KOLLER, 2006). O Brasil se destaca como líder mundial no cultivo de laranjas, produzindo 16,21 milhões de toneladas em 2021, representando cerca de 22% da produção global. Esse número supera significativamente a produção da Índia, em segundo lugar, com aproximadamente 12 milhões de toneladas. A China ocupa o terceiro lugar com 7,55 milhões de toneladas, seguida pelo México, com 4,59 milhões, e pelos Estados Unidos, com 4,02 milhões de toneladas (FAO, 2021).

Além do destaque na produção de laranjas, o Brasil lidera a produção de suco concentrado de laranja. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2023), o país responde por 75% das exportações globais de suco de laranja para o ciclo 2022/23. A Europa se destaca como principal destino desse produto, recebendo aproximadamente 53,1% do volume exportado, (CITRUSBR, 2023).

## 2.2 Exigências agroclimáticas

Magalhães (2005) destaca a influência direta do clima no cultivo citrícola, afetando a quantidade e qualidade dos frutos, bem como a maturação e o

desenvolvimento vegetativo. Elementos climáticos dentro de faixas aceitáveis são fundamentais para o bom desempenho do pomar.

A radiação solar, intimamente ligada à temperatura, influencia a fotossíntese através do fotoperíodo e do regime térmico diário (DAVIES; ALBRIGO, 1994). Em regiões tropicais, a alta radiação fotossinteticamente ativa promove intenso crescimento vegetativo e produtivo devido à elevada produção de fotoassimilados (FINCH et al., 2004). Em contraste, regiões subtropicais apresentam variações fotossintéticas devido a amplitudes térmicas e alterações sazonais, resultando em um crescimento mais lento (MACHADO et al., 2002).

A temperatura ideal para citros gira em torno de 23 a 32 °C. Temperaturas abaixo ou acima desses limites podem respectivamente reduzir o metabolismo ou cessar o crescimento, com efeitos negativos a partir de 39 °C, como aumento da respiração, destruição de clorofila e desbalanceamento nutricional (MAGALHÃES, 2005; MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

As necessidades hídricas das plantas cítricas variam conforme fatores como solo, copa e porta-enxerto, com uma demanda hídrica geral entre 900 e 1.500 mm. A irrigação regular é crucial para a floração, fixação e crescimento dos frutos (COELHO et al., 2006). Em situações de déficit hídrico severo, as folhas se enrolam para reduzir a transpiração, os frutos podem desidratar e, em casos extremos, ocorre a queda de folhas e frutos e até a morte da planta (ZANINI; PAVANI; SILVA, 1998).

Fisiologicamente, a resposta adaptativa das plantas ao déficit hídrico envolve uma redução na abertura estomática como uma estratégia inicial para combater a dessecação. Essa redução na resistência difusiva ao vapor de água é uma medida crucial para preservar a hidratação, limitando, no entanto, a troca gasosa entre a folha e a atmosfera. Esse fechamento estomático, embora essencial para evitar a perda excessiva de água, acarreta uma diminuição na assimilação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), impactando negativamente na capacidade fotossintética das plantas. A complexidade dessas respostas fisiológicas reflete o delicado equilíbrio entre a conservação da água e a manutenção da atividade fotossintética, destacando a intrincada adaptação das plantas diante das condições adversas de déficit hídrico (NOGUEIRA; SILVA, 2002; LARCHER, 2004).

## 2.3 Importância dos porta-enxertos para citricultura

Os porta-enxertos desempenham um papel vital na citricultura, sendo fundamentais para a adaptação das culturas cítricas a variadas condições ambientais, assumindo um papel ainda mais relevante diante das mudanças climáticas. Eles exercem uma influência significativa na produtividade e na qualidade dos frutos, além de afetarem diretamente o tamanho das árvores (POMPEU JÚNIOR, 2005). Uma característica essencial dos porta-enxertos é a capacidade de conferir tolerância a estresses abióticos, como secas e salinidade, e bióticos, incluindo doenças e pragas (BASTOS et al., 2014).

A diversificação no uso de porta-enxertos é uma estratégia eficaz para mitigar riscos fitossanitários e promover a sustentabilidade do cultivo de citros. Essa abordagem não apenas protege as culturas contra a incidência de doenças específicas, mas também contribui para uma produção mais estável e de maior qualidade ao longo do tempo (BOVÉ; AYRES, 2007). Além disso, os porta-enxertos oferecem aos agricultores a oportunidade de otimizar seus pomares, possibilitando o controle do tamanho das árvores, o que é particularmente benéfico para práticas de cultivo de alta densidade. Isso permite uma maior eficiência na gestão do pomar e na colheita, bem como melhora a qualidade e o rendimento dos frutos (POMPEU JÚNIOR, 1991; ALMEIDA; PASSOS, 2011).

### 2.3.1 Limoeiro cravo(*Citrus × limonia* Osb.)

O limoeiro 'Cravo', um híbrido natural de limão (*C. limon*) e tangerina (*C. reticulata*), é amplamente reconhecido por suas características distintas, como vigor e alta produtividade nas copas cítricas. Adaptado às condições edafoclimáticas das regiões nordeste e sudeste do Brasil, esse porta-enxerto demonstra notável tolerância à seca e precocidade na produção de frutos de boa qualidade (ALMEIDA; PASSOS, 2011; CARVALHO et al., 2016). No entanto, enfrenta desafios fitossanitários significativos, sendo suscetível a doenças como declínio, morte súbita, nematoide dos citros, exocorte, xiloporose e verrugose (POMPEU JÚNIOR, 2005; OLIVEIRA et al., 2008).

Apesar desses desafios, continua sendo o porta-enxerto mais utilizado na citricultura brasileira (CARVALHO et al., 2016). Sua relevância é acentuada em

regiões com déficit hídrico, altas temperaturas e estiagens prolongadas (CRISTOFANI et al., 2005). Essa resiliência e adaptabilidade fazem do limoeiro 'Cravo' uma escolha estratégica, essencial para a sustentabilidade e a viabilidade econômica dos pomares em condições climáticas adversas.

### **2.3.2 Tangerineira Sunki Tropical (*Citrus sunki* Hort. ex Tan.).**

A tangerina 'Sunki' é reconhecida como um dos principais porta-enxertos cítricos comerciais, valorizada por induzir copas vigorosas e frutos de alta qualidade (SOARES FILHO; CUNHA SOBRINHO; PASSOS, 2003). Este porta-enxerto destaca-se pela sua tolerância à tristeza dos citros e à xiloporose, embora seja intolerante ao exocorte (GRANT et al., 1961). Além disso, é conhecida por conferir às variedades copa uma alta resistência à seca (STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2000), apesar de sua susceptibilidade à gomose causada por *Phytophthora* (AGUILAR-VILDOSO; POMPEU JÚNIOR, 1997). Adicionalmente, ela é tolerante à morte súbita dos citros (BASSANEZI et al., 2002) e à salinidade (CASTLE et al., 1993), atributos que acentuam sua relevância na citricultura.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido em tubos sob condições de casa de vegetação, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia (latitude 12°40'39"S, longitude 39°06'23"W e 225 m de altitude), com plantas de aproximadamente 1 ano de idade de laranjeira 'Valência' enxertadas em duas variedades porta-enxertos: o limoeiro 'Cravo' e as tangerineiras 'Sunki Tropical'. O solo empregado foi coletado, adubado e corrigido de acordo com os resultados da análise química, seguindo as recomendações de Borges e Souza (2009) para a cultura.

Para a montagem da estrutura experimental, foram utilizados dois tubos adjacentes de PVC com 0,1 m de diâmetro e 0,5 m de comprimento cada, preenchidos com solo, sendo as plantas inseridas com o sistema radicular dividido entre eles, como demonstrado na figura 1.



**Figura 1.** Área experimental de laranjeira valência (*Citrus x sinensis* L. Osb.) com um ano de idade sob os tratamentos aplicados.

Antes da aplicação dos tratamentos, as mudas foram irrigadas diariamente até atingir a capacidade de campo do substrato durante 10 dias. Posteriormente a esse período, os tubos de PVC foram vedados com papel alumínio para evitar a perda de água por evaporação.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois tipos de porta-enxertos e dois manejos de irrigação: o controle, com volume de água de irrigação correspondente a 100% da evapotranspiração diária e déficit radicular parcial (PRD), com volume de água de irrigação correspondente a 50% da evapotranspiração, com 6 repetições por tratamento. No controle, o volume de água correspondente foi dividido e aplicado em ambos os tubos de PVC, e para o manejo em PRD, o correspondente foi aplicado em apenas um, alternando os lados de irrigação de acordo com a umidade do solo estabelecida para a condição de déficit hídrico ( $\theta = 0,14$ ).

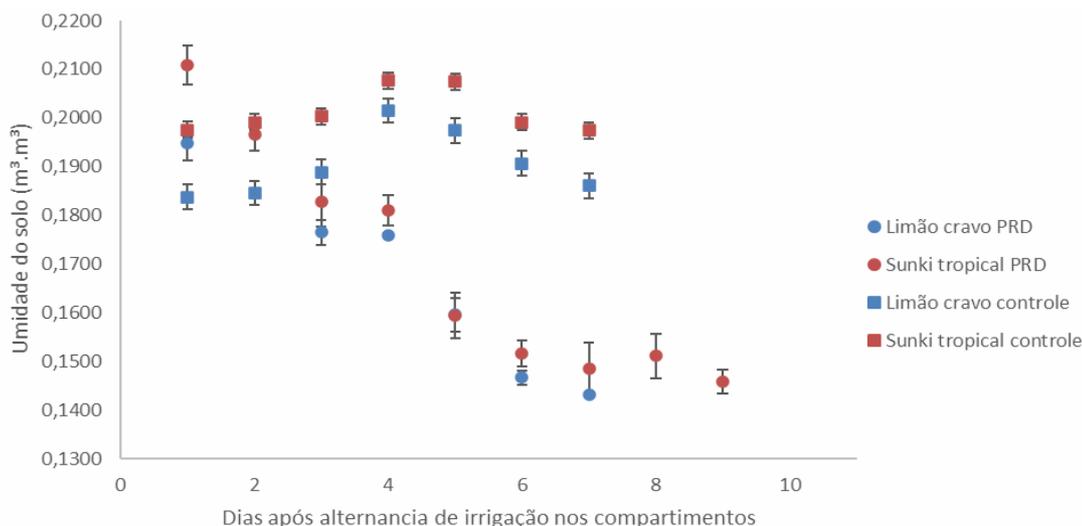
A extração de água no solo, foi monitorada para cada planta e calculada com base nos dados obtidos pelas leituras das sondas de Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR). As mesmas foram inseridas no solo na profundidade de 30 cm e as leituras de umidade foram realizadas diariamente para auxiliar no manejo de irrigação do experimento e de secamento parcial do solo.

Cerca de 30 dias após a aplicação dos tratamentos de irrigação, as avaliações fisiológicas foram conduzidas ao longo de três dias, durante o período da manhã (8h às 10h) e à tarde (13h às 15h): em 6 de janeiro, 11 de janeiro e 13 de janeiro de 2023. As medições foram realizadas na mesma folha, localizada no terço médio de cada planta, utilizando um analisador portátil LCpro-SD IRGA (ADC biotech-scientific Limited, Reino Unido). Foram coletadas medidas de trocas gasosas em nível foliar, incluindo as taxas de fotossíntese (A), a condutância estomática (gs), a taxa transpiratória foliar (E) e a concentração de carbono intercelular (Ci). Com base nessas medidas, foram determinadas a eficiência intrínseca do uso da água (A/g<sub>s</sub>), a eficiência instantânea do uso da água (A/E) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci).

Os dados foram submetidos à análise de variância, as quais as interações significativas foram desdobradas, e as médias comparadas pelo teste de F a 5% de significância, por meio do programa estatístico R, usando o pacote ExpDes.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Segundo observações da extração de água no solo, envolvendo irrigação por secamento alternado do sistema radicular (PRD), como esperado, plantas enxertadas em porta-enxerto limoeiro 'Cravo' apresentaram maior capacidade de extração de água do solo comparada a Sunki 'Tropical', o qual foi mais conservador no uso da água (Figura 2). Esses resultados estão dentro do esperado desde que estudos anteriores (SANTOS et al., 2019; SAMPAIO et al., 2021), em nível de campo, também evidenciaram a maior capacidade de plantas de laranja sob cravo em extrair água do solo comparativamente com plantas de laranja enxertadas em 'Sunki Tropical'.



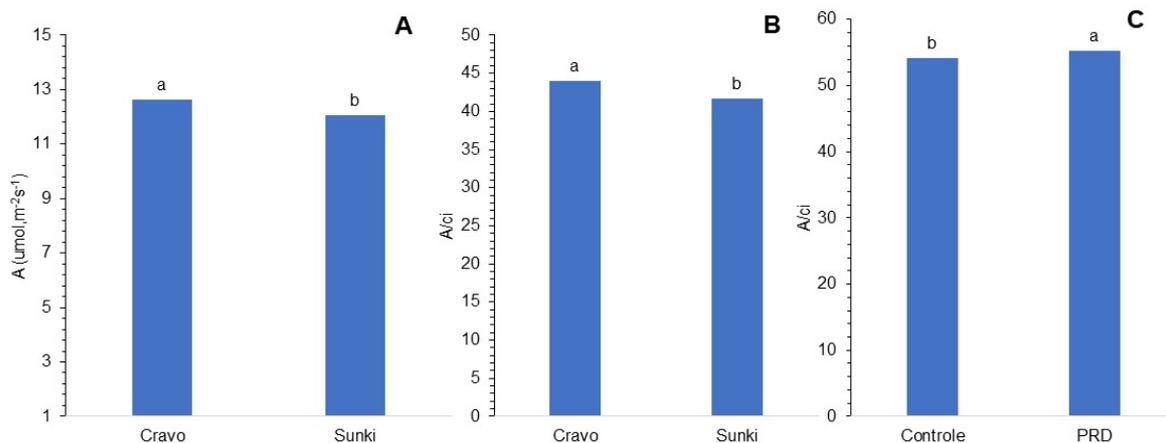
**Figura 2.** Umidade do solo nos diferentes tratamentos controle irrigação (100%) e PRD (50%).

O porta-enxerto 'Sunki Tropical' atua de maneira eficiente em combinação com a copa, economizando água para a assimilação de carbono ao longo de períodos prolongados de secamento do solo (SANTANA-VIEIRA et al., 2016). Em contraste, as plantas de limão 'Cravo' adotaram uma estratégia preventiva contra a desidratação. Ou seja, a Sunki 'Tropical' mostra-se como uma alternativa promissora para com PRD, devido às suas características de rápida produção de fitohormônios e ajustamento osmótico (SAMPAIO et al., 2014; SAMPAIO et al., 2021) especialmente em níveis mais elevados de umidade do solo. Esses atributos sugerem uma possível regulação na extração de água do solo, conforme observado no presente estudo.

Em relação aos resultados fisiológicos (Tabela 1), pequenas diferenças foram observadas entre plantas enxertadas com os dois porta-enxertos em três momentos de avaliação. A ausência de interação entre os fatores porta-enxerto e manejo de irrigação limitou uma análise mais detalhada das diferenças observadas entre os porta-enxertos em cada manejo de água. Apenas em uma das avaliações, no período da manhã, foi observado um efeito isolado do porta-enxerto, resultando em diferenças na taxa fotossintética (A). Valores superiores foram observados para o porta-enxerto limoeiro 'Cravo', refletindo em uma eficiência de uso de água intrínseca ( $A/c_i$ ) superior para as laranjeiras enxertadas nesse porta-enxerto (Figura 3). Nesse mesmo dia, houve um efeito isolado para o manejo de irrigação, com uma eficiência de uso de água intrínseca superior para o manejo de irrigação em plantas sem déficit de PRD.

**Tabela 1** -Análise de variância para as avaliações de trocas gasosas (A, Taxa Fotossintética; E, Transpiração; Gs, condutância estomática; A/E, eficiência de uso de água; ci, concentração interna de carbono; A/ci, eficiência instantânea de carboxilação; A/E, eficiência de uso de água; A/gs, eficiência intrínseca do uso de água) realizadas em plantas de laranjeira ‘Pera’ em dois porta-enxertos (Limoeiro ‘Cravo’ e ‘Sunki Tropical’) e dois manejos água no solo de irrigação sem déficit e irrigação com déficit (PRD). Avaliações realizadas no turno da manhã e da tarde em três dias do mês de janeiro de 2023.

Fatores	Ci		E		Gs		A		A/E		A/ci		A/gs	
	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
Dia 6 de janeiro														
PE	0,34	0,42	0,25	0,29	0,52	0,43	0,65	0,64	0,17	0,55	0,45	0,83	0,31	0,32
MI	0,36	0,48	0,41	0,56	0,71	0,52	0,13	0,34	0,68	0,54	0,11	0,29	0,63	0,94
PE*MI	0,72	0,20	0,61	0,44	0,94	0,83	0,69	0,47	0,44	0,06	0,67	0,30	0,77	0,23
cv (%)	5,34	4,4	10,28	11,11	13,15	17,62	9,36	12,47	13,19	8,86	12,72	14,15	14,46	11,86
Dia 11 de janeiro														
PE	0,86	0,74	0,20	0,38	0,10	0,51	0,03	0,49	0,21	0,75	0,04	0,5	0,97	0,89
MI	0,68	0,07	0,79	0,31	0,60	0,91	0,74	0,08	0,86	0,10	0,86	0,04	0,79	0,21
PE*MI	0,55	0,71	0,68	0,36	0,60	0,06	0,73	0,10	0,70	0,43	0,93	0,19	0,67	0,35
cv (%)	3,58	8,43	5,94	43,75	11,62	39,97	8,83	22,61	10,14	23,75	9,72	24,93	11,24	24,17
Dia 13 de janeiro														
PE	0,64	0,50	0,42	0,67	0,59	0,88	0,86	0,86	0,47	0,18	0,77	0,72	0,52	0,52
MI	0,42	0,43	0,30	0,92	0,51	0,96	0,78	0,81	0,24	0,71	0,71	0,71	0,33	0,43
PE*MI	0,64	0,99	0,16	0,18	0,14	0,26	0,12	0,33	0,51	0,98	0,20	0,36	0,95	0,33
cv (%)	5,55	7,54	10,65	32,63	16,25	45,23	16,39	42,31	12,42	16,18	20,41	46,59	13,83	15,67



**Figura 3.** Taxa Fotossintética e eficiência instantânea de carboxilação em plantas de laranjeira 'Pera' em Limoeiro 'Cravo' e 'Sunki Tropical' (A e B) e sob manejos água no solo de irrigação sem déficit e irrigação com déficit (C).

Apesar de as plantas enxertadas em 'Sunki' demonstrarem ser mais conservadoras, apresentando, por exemplo, valores superiores de condutância estomática e taxa fotossintética nos tratamentos PRD, não foram detectadas alterações significativas que representassem uma mudança de comportamento em relação ao 'Cravo'. Estudos mais aprofundados são necessários para investigar possíveis alterações bioquímicas que melhor expliquem as diferenças detectadas neste estudo em nível de casa de vegetação. Essas diferenças podem traduzir-se em ganhos de eficiência no uso de água e produtividade em nível de campo ao utilizar o porta-enxerto 'Sunki', conhecido por sua natureza mais conservadora.

## 5. CONCLUSÃO

Os estudos com PRD apontam respostas diferentes dos genótipos à irrigação com déficit controlado, e respostas consideradas estatisticamente iguais para trocas gasosas foliares, sendo assuntos a serem melhores investigados em nível de casa de vegetação, envolvendo avaliações bioquímicas e principalmente na prática de manejo da irrigação em nível de campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR-VILDOSO, C. I.; POMPEU JÚNIOR, J. Inoculação de *Phytophthora parasítica* em caule de variedades cítricas pelo método do palito. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 240, 1997.

ALMEIDA, C.O.; PASSOS, O.S. **Citricultura brasileira em busca de novos rumos**. 1 ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 160, 2011.

AMORIM, M. da S.; TOYOSUMI, I. D. S.; LOPES, W. D. A.; CAMILLO, L. R.; FERREIRA, L. N.; ROCHA JUNIOR, D. S.; SOARES FILHO, W. dos S.; GESTEIRA, A. da S.; COSTA, M. G. C.; COELHO FILHO, M. A. Partial rootzone drying and regulated deficit irrigation can be used as water-saving strategies without compromising fruit yield and quality in tropically grown sweet orange. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Cambridge, v. 96, n. 5, p. 663-672, 2021.

ARAÚJO, E.F.; ROQUE, N. Taxonomia de citros. *In*: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, P. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Fundag, cap. 9, p. 223-226, 2005.

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

BASSANEZI, R. B.; GIMENES-FERNANDES, N.; MASSARI, C. A. **Resultados do levantamento detalhado da morte súbita dos citros na região afetada: junho a setembro de 2002**. Araraquara: Fundecitrus, p. 9, 2002.

BORGES, A.L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para Abacaxi, Tangerina, Acerola, Banana, Laranja, Tangerina, Lima Ácida, Mamão, Mandioca, Manga e Maracujá**. 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009, 176p.

BOVÉ, J.M.; AYRES, A.J. Etiology of three recent diseases of citrus in Sao Paulo State: sudden death, variegated chlorosis and huanglongbing. **IUBMB life**,

Malden, v. 59, n. 4-5, p. 346-354, 2007.

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

CASTLE, W. S. Performance of citrus scions and rootstocks under trial in Florida. *In*: INT.CONG. CITRUS NURSERYMEN, Nelspruit. **Proceedings...** Nelspruit: South African Citrus Nurserymen's Association, v. 4, p. 319-327, 1993.

CITRUSBR, Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Mercado Externo. **CitrusBR**, 2023. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/mercadoexterno/?me=01>>. Acesso em: 28 Nov. 2023.

COELHO, E.F; COELHO FILHO, M.A.; SIMÕES, W.L.; COELHO, Y.S. Irrigação em citros nas condições do nordeste do Brasil. **LARANJA**, Cordeirópolis, v.27, n.2, p297-320, 2006.

COLE, T.; MILTON, G.; APPELHANS M.S. Filogenia das Rutaceae (português). **ResearchGate**, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/search.Search.html?query=Filogenia+das+Rutaceae+&type=publication>. Acesso em: 28 Nov. 2023.

CRISTOFANI, M.; NOVELLI, V. M.; PERIN, M. S.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, R. P.; BASTIANEL, M.; MACHADO, M. A. Programa de melhoramento de citros por hibridação controlada no Centro Apta Citros" Sylvio Moreira"/IAC em 1992/2005. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, n. 1, p. 121-134, 2005.

DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.G. **Citrus**. Wallingford: CAB International Press, p. 254, 1994.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.42, p.55-76,1991.

DONATO, S.L.R.; PEREIRA, C.S.; BARROS, Z.D.J.; SIQUEIRA, D.L.D.; SALOMÃO, L.C. C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1507-1510, 2007.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Countries by commodity. **FAOSTAT**, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 19 Dez. 2023.

FINCH, D.A.; BAILEY, W.G.; McARTHUR, L.J.B.; NASITWITWI, M. Photosynthetically active radiation regimes in a southern African savanna environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 122, n. 3-4, p. 229-238, 2004.

GOWING, D. J.; DAVIES, W. J.; JONES, H. G. A positive rootsourced signal as an indicator of soil drying in apple, *Malus domestica* Borkh. **Jornal of experiment botany**, Lancaster, v. 41, p.1535-1540, 1993.

GRANT, T. J.; MOREIRA, S.; SALIBE, A. A. Citrus variety reaction to tristeza virus in Brazil when used in various rootstock and scion combinations. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 45, p. 416-421, 1961.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Economic consideration of deficit irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.110, p.343-358, 1984.

HUTTON, R.J.; LANDSBERG, J.J.; SUTTON, B.G. Timing irrigation to suit citrus phenology: A means to reduce water use without compromising fruit yield and quality? **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Canberra, v.47, p.71–80, 2007.

HUTTON, R.J.; LOVEYS, B.R. A partial root zonedrying irrigation strategy for citrus - Effects on wateruse efficiency and fruit characteristics. **AgriculturalWater Management**, Amsterdam,v.98, p.1485–1496, 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. **IBGE**, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado&gt;>. Acesso em: 19 Dez. 2023.

KOEHLER-SANTOS, P.; DORNELLES, A.L.C.; FREITAS, L.B. de. Characterization of mandarin citrus germplasm from Southern Brazil by morphological and molecular analyses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 797-806, 2003.

KOLLER, O.C. Citricultura: Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização. *In*: KOLLER, O.C. (Org.). **Citricultura: Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. 396p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2004. 531p.

MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.D.M.D.A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial de água na folha de laranjeira 'Valência'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 53-58, 2002.

MAGALHÃES, A.D.J. Clima. *In*: SANTOS FILHO, H.P.; MAGALHÃES, A.D.J.; COELHO, Y.D.S. (Ed.). **Citros: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1 ed. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), p. 23-29, 2005.

MATTOS JÚNIOR, D. de; NEGRI, J.D. de, FIGUEIREDO, J.D.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros: principais informações e recomendações de cultivo**. Campinas: IAC, v. 200, 2005. (Boletim técnico)

MARTINS, C.R.; TEODORO, A.V.; CARVALHO, H.W.L. Citricultura no Estado de Sergipe. **Citricultura Atual**, v.103, p. 14-17, 2014.

NEVES, M. F.; JANK, M. S. **Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: a agenda 2015**. São Paulo: Relatório Ícone/Markestra/Pensa. 2006.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. O retrato da citricultura brasileira. **Ribeirão Preto: CitrusBR**, p. 137, 2010.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v.57, n.1, p.31-38, 2002.

OLIVEIRA, R. P. de; SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S.; SCIVITTARO, W. B.; ROCHA, P. S. G. da. Porta-enxertos para citros. In: ROBERTO PEDROSO DE OLIVEIRA, R. P. de; SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S.; SCIVITTARO, W. B.; ROCHA, P. S. G. da. (Eds.). **Porta-enxertos para citros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 45 p. (Documentos nº 226)

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, M. R.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, Fundag, 2005. p.63-104.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed.). **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, p. 265-280, 1991.

ROOSE, M.L.; SOOST, R.K. Citrus. In: JANICK, J.; MOORE, J.N. (Eds.). **Fruit Breeding: Tree and Tropical Fruits**. v.1, New York: John Wiley & Sons,1996. p. 285-328.

SANTANA-VIEIRA, D. D. S.; FRESCHI, L.; ALMEIDA, L. A. D. H.; MORAES, D. H. S. D.; NEVES, D. M.; SANTOS, L. M. D.; BERTPLDE, F. Z.; SOARES FILHO, W. dos S.; COELHO FILHO, M. A.; GESTEIRA, A. D. S. Survival strategies of citrus rootstocks subjected to drought. **Scientific Reports**, London, v. 6, n. 1, p. 38775, 2016.

SANTOS, I. C. dos; ALMEIDA, A. A. F. de; PIROVANI, C. P.; COSTA, M. G. C.; CONCEIÇÃO, A. S. da; SOARES FILHO, W. dos S.; COELHO FILHO, M. A.; GESTEIRA, A. S. Physiological, biochemical and molecular responses to drought conditions in field-grown grafted and ungrafted citrus plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 162, p. 406-420, 2019.

SAMPAIO, A.H.R.; COELHO FILHO, M.A.; COELHO, E.F.; DANIEL, R.; Indicadores fisiológicos da lima ácida 'tahiti' submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. **Irriga**, Botucatu, v. 19, p. 292-301, 2014.

SAMPAIO, A. H. R.; SILVA, R. O.; BRITO, R. B. F.; SOARES FILHO, W. dos S.; GESTEIRA, A. da S.; SOUZA, L. D.; COELHO FILHO, M. A. Sweet orange acclimatisation to water stress: A rootstock dependency. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.276, p.109727.2021.

STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O. R. Tolerância à seca da laranja 'Folha Murcha' em 10 porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p.454-457, 2000.

SOARES FILHO, W. dos S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da; Passos, O. S. **Tangerineira 'Sunki Tropical'**. Cruz das Almas: Embrapa. 2003.

TREEBY, M. T.; HENRIOD, R. E.; BEVINGTON, K. B.; MILNE, D. J.; STOREY, R. Irrigation management and rootstock effects on navel orange [Citrus sinensis (L.) Osbeck] fruit quality. **Agricultural water management**, v. 91, n. 1-3, p. 24-32, 2007.

USDA, United States Department of Agriculture. Citrus: World Markets and Trade. **USDA.** 2023. Disponível em: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/w66343603/tt44r006w/b56464320/citrus.pdf>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S. de; SANTOS, A. R. dos; SILVA, J. dos S. **Manual de fisiologia vegetal.**São Luís: Edufma, 2010. 230p.

WEBBER, H. J.; REUTHER, W.; LAWTON, H. W. History and development of the citrus industry. *In*: REUTHER, W.; WEBBER, H. J.; BATCHELOR, L. D. (Ed.). **The citrus industry.** Riverside: University of California, 1967. v.1, p.1-39.

ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C.; SILVA, J. A. A. **Irrigação em citros.** Jaboticabal: Funep, p.35, 1998.