



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

GABRIEL OLIVEIRA MARTINS

**INDICADORES DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE DA ÁGUA
EM LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' SOB 13 PORTA-ENXERTOS**

SÃO CRISTÓVÃO - SE

Fevereiro de 2022

GABRIEL OLIVEIRA MARTINS

**INDICADORES DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE DA ÁGUA
EM LIMEIRA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOB 13 PORTA-ENXERTOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) como parte das exigências para a obtenção do título de “Mestre em Recursos Hídricos”.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito

SÃO CRISTÓVÃO - SE

Fevereiro de 2022

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

M386i Martins, Gabriel Oliveira
Indicadores de tolerância à salinidade da água em limeira ácida
'Tahiti' sob 13 porta-enxertos / Gabriel Oliveira Martins ; orientador
Marcos Eric Barbosa Brito. -- São Cristóvão, 2022.
67 f. : il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade
Federal de Sergipe, 2022.

1. Recursos hídricos. 2. Lima acida taiti. 3. Frutas cítricas -
Pesquisa. 4. Salinidade. 5. Porta-enxertos. 6. Clorofila -- Análise. I.
Brito, Marcos Eric Barbosa, orient. II. Título.

CDU: 556.18:634.33

INDICADORES DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE DA ÁGUA EM LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' SOB 13 PORTA-ENXERTOS

GABRIEL OLIVEIRA MARTINS

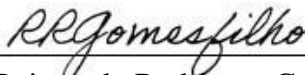
Aprovado em: 25 de fevereiro de 2022.

Comissão julgadora



Marcos Eric Barbosa Brito
Prof. UFS - CAMPUS SERTÃO
SIAPE: 1632588

Prof. DSc. Marcos Eric Barbosa Brito
Orientador PRORH/UFS



RRGomesfilho

Prof. DSc. Raimundo Rodrigues Gomes Filho
Examinador interno PRORH/UFS



Walter dos Santos Soares Filho

D. Walter dos Santos Soares Filho
Examinador externo Embrapa Mandioca e Fruticultura

SÃO CRISTÓVÃO - SE

Fevereiro de 2022

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
Carlos Alberto (Kaká) e Maria da Conceição (Ceixa),
aos meus irmãos,
Sebah, Henrique e Maria Zilda,
à minha esposa,
Paula Regina Barros de Lima,
aos meus filhos
Kaká Neto, Beatriz, Clarice e Isis Gabriela,
ao meu professor, orientador e amigo,
Marcos Eric Barbosa Brito, pela inspiração e exemplo,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as oportunidades oferecidas, por ter colocado pessoas maravilhosas ao longo da minha jornada, e por me conceder saúde, paz, esperança e fé para continuar lutando e buscando evoluir sempre.

Aos meus pais, Carlos Alberto Dantas Martins e Maria da Conceição Oliveira Martins, por não medirem esforços para que eu pudesse chegar até aqui, sempre me ajudando, incentivando, motivando e, principalmente, sendo ótimos exemplos de pessoas do bem.

Aos meus irmãos, Carlos Sebastião Oliveira Martins, Carlos Henrique Oliveira Martins e Maria Zilda Oliveira Martins, por todo o amor, respeito, ensinamentos e companheirismo ao longo dos anos. Saibam que apesar das distâncias, vocês estão comigo em meu coração.

À minha esposa, Paula Regina, pelo apoio e incentivo durante esses 11 anos que estamos juntos, por fazer parte da minha vida, por me ajudar a evoluir como pessoa, pelo amor dedicado a mim e aos nossos filhos.

Aos meus filhos, Carlos Alberto Dantas Martins Neto, Beatriz Moreira Santos Martins, Clarice Barros Martins e Isis Gabriela Barros Martins, responsáveis diretos por toda evolução em minha vida, por me ensinarem, dia a dia, o verdadeiro amor. Por serem a fonte de inspiração e de energia que sustenta a minha existência.

À minha avó e madrinha, Josefa Moreira de Oliveira (Vovó Finha), por todo amor, carinho e dedicação. Por sempre ter palavras de apoio, de incentivo, de esperança e de fé. Por fazer a vida de todos nós um pouco melhor.

Ao meu primo, “irmão” e compadre, Ed Anderson Moreira de Oliveira (Derson) (*in memória*), por todos os momentos que passamos juntos. Muitos aprendizados, aventuras, muitas lembranças salutares e uma saudade, boa, da simplicidade com a qual você encarava a vida. Que Deus lhe ilumine.

À minha sogra, Maria Giselda Barros de Lima, pela paciência, dedicação, apoio e orientações. Por cuidar tão bem de todos nós e ser tão prestativa.

Ao meu grande amigo, um segundo pai que Deus colocou em minha vida, Manoel Soares da Costa (Manezinho)(*in memória*), que perdeu a vida para a Covid-19 em dezembro de 2020, e para todas as famílias que perderam entes queridos. Que Deus nos console e nos traga a paz necessária, na certeza de que todos estão vivos em nossas lembranças.

Ao meu orientador e amigo, Prof. DSc. Marcos Eric Barbosa Brito, por toda a atenção e confiança, por ter me concedido a oportunidade de executar este trabalho. Pelos conselhos e ensinamentos, que não foram poucos, pela paciência, orientação e apoio que ajudaram na conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Aos amigos e amigas do grupo de estudo em salinidade e irrigação (GESI), que ajudaram na condução do experimento, nas avaliações de campo, nas avaliações de laboratório, nos artigos publicados e na confecção deste trabalho, bem como pelas experiências compartilhadas.

Aos docentes, extremamente qualificados, do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH), que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal, através dos conselhos, ensinamentos e exemplos mostrados em sala de aula.

Ao Prof. DSc. Alberto Soares de Melo e ao Prof. D. Sc. Raimundo Rodrigues Gomes Filho, pelas valiosas sugestões e contribuições para a melhoria do presente trabalho no exame de qualificação, bem como pelos ensinamentos na época da graduação (Alberto) e do mestrado (Raimundo).

Ao Prof. DSc. André Quintão de Almeida, pelos ensinamentos, incentivos e amizade durante todo o mestrado, em especial os ensinamentos com o Software R, que muito ajudou na confecção deste trabalho.

Ao Prof. DSc. Inajá Francisco de Sousa, pelos ensinamentos e motivação no início do curso, bem como pela solicitude em todas as vezes que eu precisei da sua ajuda.

Ao Dr. Walter dos Santos Soares Filho, que aceitou participar deste projeto e fazer parte deste sonho, bem como por toda a ajuda e ensinamentos com as correções deste trabalho.

À Embrapa Semiárido, em especial aos amigos Isaías Cardoso Silva (Supervisor de Campo) e Geraldo Alves de Farias (Técnico A), que muito ajudaram no experimento e na realização deste sonho.

À UFS, Campus do Sertão, pelo acolhimento e apoio durante todos os processos que envolveram o trabalho de campo e as análises em laboratório.

A todos os demais amigos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

“O sertanejo é antes de tudo um forte.” (*Euclides da Cunha*)

INDICADORES DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE DA ÁGUA EM LIMEIRA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOB 13 PORTA-ENXERTOS

RESUMO - O desempenho produtivo dos citros é limitado por fatores bióticos e abióticos, sendo possível, mediante o uso de variedades porta-enxerto adequadas, garantir a sustentabilidade do sistema produtivo. Diante o exposto, objetivou-se estudar os teores de sais no solo e aspectos produtivos e fisiológicos da limeira ácida ‘Tahiti’ em combinação com 13 porta-enxertos, em condições de irrigação com águas salinas durante os dois primeiros anos de produção de frutos, visando à identificação de indicadores de tolerância à salinidade. Os porta-enxertos avaliados foram o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, os citrandarins ‘Indio’, ‘Riverside’ e ‘San Diego’, a tangerineira ‘Sunki Tropical’ e oito híbridos gerados pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura. As águas de irrigação compreenderam três níveis de salinidade: 0,14; 2,40 e 4,80 dS m⁻¹. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, adotando-se o esquema de parcela subdividida, com os porta-enxertos compondo as parcelas e os tipos de água nas subparcelas, com quatro repetições. Durante o período de agosto de 2019, quando as plantas estavam com 300 dias de transplantadas em vasos adaptados como lisímetros, até fevereiro de 2021, foram realizadas colheitas de frutos, sendo mensurados aspectos agrônômicos. Ao final de cada ano produtivo, foi realizada coleta e análise de solo visando aferir os cátions e a salinidade do solo. Nas mesmas épocas das coletas de solo, foram realizadas análises de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*. Foi possível concluir que a salinidade reduz a produção das plantas de citros, porém o citrandarin ‘Riverside’, a tangerineira ‘Sunki Tropical’, e o híbrido trifoliolado HTR - 069 possuem boa estabilidade da produção. Foi possível aferir que: (1) o efeito da salinidade nas plantas de citros foi de ordem osmótica, reduzindo as trocas gasosas das plantas; (2) a salinidade não danificou significativamente o aparato fotossintético até o segundo ano de produção; (3) o cultivo da limeira ácida ‘Tahiti’ sob irrigação com águas de 2,4 dS m⁻¹ é possível quando se usa porta-enxertos mais estáveis, tolerantes à salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrus* spp., fluorescência da clorofila *a*, híbridos de *Poncirus*, balanço de sais, produção de frutas.

WATER SALINITY TOLERANCE INDICATORS IN ‘TAHITI’ ACID LIME UNDER 13 ROOTSTOCKS

ABSTRACT - The citrus yield is limited by biotic and abiotic stresses, however, the response it be variable between rootstocks, being it possible by identifying tolerant materials, in order to guarantee sustainability in the production system. Thus, the aimed it was to study the salt content in the soil and the productive and physiological aspects of 13 citrus rootstocks combinations with ‘Tahiti’ acid lime under saline water during the first two years of cultivation, in order to identify salinity tolerance indicators. The rootstocks were studied, corresponding to the ‘Rangpur Santa Cruz’ lime, the ‘Indio’, ‘Riverside’ and ‘San Diego’ citrandarins, the ‘Sunki Tropical’ mandarin, and eight citrus hybrids, generated by the Genetic Improvement Program of Citrus from Embrapa Cassava and Fruits. The irrigation water consisted of three salinity levels: 0.14; 2.40 and 4.80 dS m⁻¹. The experimental design was randomized block design adopting the split-plot scheme, with the rootstocks composing the plots and the types of water in the subplots, with four replications. During the period from August 2019, when the plants were 300 days after being transplanting in pots adapted as lysimeters, until February 2021, fruit harvests were carried out, and agronomic aspects were measured. At the end of each productive year, soil samples were analysed in order to assess soil cations and salinity. Concomitantly of the soil sampling, analyses of gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence were realized. It was possible to conclude that salinity reduces the production of citrus plants, but the ‘Riverside’ citrandarin, ‘Sunki Tropical’ mandarin, and the trifoliolate hybrid HTR - 069 have good production stability. It was found that: (1) the effect of salinity on citrus plants was osmotic, reducing the gas exchange of plants; (2) salinity did not significantly damaged the photosynthetic apparatus until the second year of production; (3) the cultivation of ‘Tahiti’ acid lime under irrigation with water of 2.4 dS m⁻¹ is possible when using more stable tolerant rootstocks.

KEY WORDS: *Citrus* spp., chlorophyll *a* fluorescence, *Poncirus* hybrids, salt balance, fruit production.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 CITROS: ORIGEM E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	13
2.2 SALINIDADE EM CITROS	13
2.3 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	17
3.2 TRATAMENTO E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	17
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	19
3.4 MANEJO NUTRICIONAL E DEMAIS TRATOS CULTURAIS	20
3.5 VARIÁVEIS ANALISADAS	21
3.5.1 Razão de adsorção de sódio (RAS) e percentual de sódio trocável (PST).....	21
3.5.2 Análise de produção	22
3.5.3 Análises Fisiológicas.....	22
3.5.3.1 <i>Fluorescência da clorofila a</i>	22
3.5.3.2 <i>Trocas gasosas</i>	23
3.5.4 Análises estatísticas.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS	25
4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO	27
4.3 ANÁLISE DE PRODUÇÃO	29
4.3.1 Primeiro ano produtivo.....	29
4.3.2 Segundo ano produtivo.....	34
4.4 ANÁLISES FISIOLÓGICAS	43
4.4.1 Fluorescência da clorofila a no primeiro ano de cultivo	43
4.4.2 Fluorescência da clorofila a no segundo ano de cultivo.....	45
4.4.3 Trocas gasosas no primeiro ano de cultivo.....	50
4.4.4 Trocas gasosas no segundo ano de cultivo.....	55
5. CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

A laranja doce [*Citrus ×sinensis* (L.) Osbeck], entre outras espécies de citros, envolvendo vários gêneros, como *Citrus* L., *Fortunella* Swing., *Poncirus* Raf., *Eremocitrus* Swing. e *Microcitrus* Swing., vem sendo cultivada há mais de 4.000 anos, tendo o sudoeste asiático como centro de origem, conforme análise genômica, filogenética e biogeográfica feita em 60 espécies de citros (WU *et al.*, 2018).

No Brasil, onde foi introduzida no século XVI, no início da colonização, encontrou condições edafoclimáticas favoráveis, o que permitiu sua rápida adaptação e expansão por todo o território nacional (NEVES, 2010). A citricultura brasileira é composta por diversas espécies, com destaque para as pertencentes ao gênero *Citrus*, que é formado, dentre outras espécies, por laranjeiras doces, limoeiros verdadeiros [*C. ×limon* (L.) Burm. f.], pomeleiros (*C. ×paradisi* Macfad.), tangerineiras (*C. reticulata* Blanco, entre outras espécies e híbridos, notadamente triploides produtores de frutos sem sementes) e limeiras ácidas e doces (várias espécies) (MAÇORANO, 2017).

Entre as variedades de citros, destaca-se a limeira ácida ‘Tahiti’ [*C. ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], conhecida no Brasil, popularmente, como limão ‘Tahiti’. Essa limeira ácida vem ganhando espaço na mesa do brasileiro e no mercado internacional, tendo apresentado, conforme dados das produções agrícolas municipais do IBGE em 2020, uma ascensão, tanto em área colhida, 58.438 ha, quanto na produção, com um total de 1.585.215 t de frutos, em especial no Estado de São Paulo, o maior produtor, seguido pelo Pará, Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro, Ceará, Paraná, Espírito Santo, Rio Grande do Sul e Sergipe, este com a décima posição no cenário nacional (IBGE, 2020).

A produção de lima ácida ‘Tahiti’ é muito importante para o Nordeste, não somente do ponto de vista econômico, mas também do ponto de vista social, com a geração de emprego e renda, permitindo a manutenção de famílias no campo, com trabalho e dignidade (ZULIAN *et al.*, 2013). Porém, apesar de sua importância socioeconômica, o cultivo da limeira ácida ‘Tahiti’ no Nordeste enfrenta algumas adversidades, o que ocasiona baixa produtividade, cerca de 11,9 t ha⁻¹ (IBGE, 2020), tendo em vista o potencial da cultura, que pode chegar a 40 t ha⁻¹ (SILVA *et al.*, 2013).

O rendimento das plantas de citros no Nordeste do Brasil, na maioria das vezes, é baixo, o que é devido, em grande parte, ao déficit hídrico, sendo observada, a partir de diversos estudos, a possibilidade de se otimizar a produção com o uso da irrigação, a exemplo de Braz *et al.* (2009), que, estudando a limeira ácida ‘Tahiti’ sob lâminas de irrigação no Piauí,

verificaram que as precipitações não atendem as exigências da cultura, sendo necessária a complementação da demanda por água da cultura, por meio da irrigação. Por outro lado, as águas disponíveis nessa região do País, principalmente no subsolo, possuem altos teores de sais, o que pode ocasionar outros problemas, já que as plantas de citros são consideradas sensíveis à salinidade (MAAS, 1993; MEDEIROS *et al.*, 2003; BRITO *et al.*, 2014).

Segundo Medeiros *et al.* (2003), a salinidade, tanto do solo quanto da água, é um importante fator na redução da capacidade produtiva das plantas, em especial daquelas consideradas glicófitas, como os citros, que possuem limiar de salinidade por volta de 1,4 decisiemens por metro (dS m^{-1}) no extrato de saturação e $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ na água (MAAS, 1993).

Todavia, tal resposta pode ser variável com a combinação copa/porta-enxerto utilizada, e o manejo do sistema produtivo (BRITO *et al.*, 2018; BRITO *et al.*, 2021), o que denota a importância de se identificar porta-enxertos que possam conferir tolerância à variedade copa, no intuito de obter produções economicamente viáveis, mesmo em condições de salinidade.

O uso de porta-enxertos tolerantes à salinidade, então, pode ser uma alternativa para conviver com o estresse salino, possibilitando a sustentabilidade da citricultura em áreas sujeitas a esse estresse abiótico, comuns no Nordeste brasileiro, que é um grande polo produtor de citros. Bastos *et al.* (2014) relataram que é importante a escolha de um porta-enxerto que consiga conferir à copa características agronômicas desejáveis, tais como precocidade de produção de frutos, baixa altura, resistência a pragas e doenças e tolerância a estresses abióticos. Soares *et al.* (2015) ressaltam que a citricultura brasileira apresenta poucos estudos na área de combinações copa/porta-enxertos com tolerância à salinidade.

No tocante à tolerância ao estresse salino, muitas pesquisas têm estudado os efeitos da salinidade sob o desequilíbrio nutricional e as interações iônicas no tecido vegetal (AQUINO *et al.*, 2007; BRITO *et al.*, 2014; BRITO *et al.*, 2018; BRITO *et al.*, 2021). Em plantas glicófitas, essa tolerância/adaptação ao estresse salino pode ser observada na menor acumulação de sódio (Na^+) e cloro (Cl^-) na parte aérea das plantas ou na planta como um todo, processo que é relacionado com a capacidade de exclusão de íons, em especial no sistema radicular (Aquino *et al.*, 2007), fato que torna o porta-enxerto um componente essencial na formação da planta cítrica.

Assim, objetivou-se estudar os teores de sais no solo, além de aspectos produtivos e fisiológicos de combinações de porta-enxertos de citros com a limeira ácida ‘Tahiti’ em condições de irrigação com águas salinas, durante os dois primeiros anos de cultivo, visando à identificação de indicadores de tolerância à salinidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CITROS: ORIGEM E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Wu *et al.* (2018) propõem que os citros, conforme análises genômicas, filogenéticas e biogeográficas de 60 espécies do grupo, tenham seu centro de origem no sopé sudeste dos Himalaias, em uma região que abrange a zona oriental de Assam, norte de Mianmar e Yunnan ocidental. Esses autores sugerem que as espécies ancestrais dos citros têm sua origem no período Miocénico (que teve seu início há 22 milhões de anos atrás, sendo finalizado há 5 milhões de anos). Neves (2010) relatou que tanto o comércio, quanto as guerras entre as nações, ainda na idade média, ajudaram a expandir o cultivo dos citros para Europa. Posteriormente, durante as expedições de Cristóvão Colombo, no final do Século XV, chegaram ao continente americano.

A introdução dos citros no Brasil ocorreu no início do Século XVI, por meio das expedições portuguesas. A expansão no país se deu em todo o território nacional, muito provavelmente pelo fato de ter encontrado condições propícias ao seu desenvolvimento e por ter se mostrado uma alternativa economicamente viável durante as crises enfrentadas pelo País, sobretudo a crise do café, em 1929 (NEVES, 2010). Ainda, segundo Neves (2010), a rápida expansão está atrelada aos investimentos em pesquisa e tecnologia, fazendo com que a citricultura, em especial a produção de laranja doce, tivesse destaque entre as atividades agrícolas do país, com destaque para as regiões Sudeste (São Paulo e Minas Gerais), Sul (Paraná) e Nordeste (Bahia e Sergipe).

A região Nordeste é responsável por 8,7% da produção nacional de citros, sendo os estados da Bahia e de Sergipe os de maior destaque. Juntos, detêm 85,1% da produção nordestina, tendo a citricultura, nesses estados, um grande impacto social e econômico (IBGE, 2021). Em 2020 Sergipe teve uma produção de laranja da ordem de 359.961 t, valor que representou 31,1% de toda a produção do Nordeste, gerando emprego e renda em toda a cadeia produtiva.

2.2 SALINIDADE EM CITROS

Dentre os fatores que afetam negativamente a citricultura, a salinidade dos solos e das águas utilizadas para irrigação podem ser citadas, já que as plantas cítricas são sensíveis ao

estresse salino, tolerando uma salinidade na água de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ e no solo de $1,4 \text{ dSm}^{-1}$ (MASS, 1993), sendo que o estresse salino pode causar inúmeros distúrbios no metabolismo das plantas, acarretando restrição de crescimento e perda de produtividade.

A salinidade afeta a planta de diversas formas, gerando reações que podem variar de espécie para espécie, como também podem variar de genótipo para genótipo, dentro de uma mesma espécie, isso a depender de alguns fatores, como tempo e intensidade do estresse salino, estágio de desenvolvimento fenológico da planta, estado nutricional, dentre outros fatores (SYVERTSEN; GARCIA-SANCHEZ, 2014).

Essa diferença na tolerância à salinidade pode se expressar devido a fatores bióticos ou abióticos, devendo ser estudada e quantificada até o limiar que permite a manutenção de uma produção economicamente viável (SILVA *et al.*, 2012; BRITO *et al.*, 2014).

Em testes de tolerância à salinidade, realizados por Brito *et al.* (2014), foi observado que o uso de água salina com condutividades elétricas de até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ são viáveis para produção de mudas de alguns porta-enxerto específicos, pois não afetou, de forma significativa, o crescimento das plantas. Os mencionados autores recomendaram o uso, como porta-enxerto, do limoeiro ‘Volkameriano’ [*C. ×volkameriana* (Risso) V. Ten. & Pasq.], da tangerineira ‘Sunki Tropical’ (*C. sunki* hort. ex Tan.), do limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ [*C. ×limonia* (L.) Osbeck] e do híbrido trifoliado (HTR) - 069 {híbrido trifoliado de laranjeira ‘Pera’ (*C. ×sinensis*) com citrange [*C. ×sinensis* x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] ‘Yuma’}, para o cultivo sob o estresse salino, bem como recomendam a continuidade das pesquisas com genótipos de porta-enxertos com potencial tolerância à salinidade, em ambientes diversos, para que se possa identificar uma variedade ainda maior de materiais.

A importância da utilização de novos porta-enxertos fica ainda mais evidente quando observamos que a citricultura brasileira tem seus pilares em poucos porta-enxertos. A esse respeito, Carvalho (2018) menciona seis variedades: limoeiro Cravo, citrumelo Swingle (*C. ×paradisi* x *P. trifoliata*), tangerineira Sunki, tangerineira Cleópatra (*C. reshni* hort. ex Tanaka), limoeiro Volkameriano e trifoliata (*P. trifoliata*), um número muito pequeno, já que existem outras variedades de porta-enxertos disponíveis.

Almeida (2019) avaliou dez porta-enxertos em combinação com a limeira ácida ‘Tahiti’ sob irrigação com águas salinas durante a fase de prefloração, identificando que é possível usar água com condutividade elétrica de até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, uma vez que essa salinidade, a depender do porta-enxerto, não reduziu o comprimento dos frutos em 80% dos genótipos analisados, fornecendo, assim, mais subsídios para o estudo do estresse salino. Brito *et al.* (2014) concluíram que a salinidade da água de até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ pode ser usada, embora ocasionando

pequena restrição no crescimento dos genótipos de citros recomendados como porta-enxertos, notadamente no limoeiro ‘Volkameriano’, na tangerineira ‘Sunki Tropical’, no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e no híbrido trifoliado HTR - 069. Tais estudos denotam a possibilidade de uso de águas com maior condutividade elétrica na citricultura, com a introdução de novos porta-enxertos.

Ademais, a variedade copa também pode influenciar na tolerância da planta cítrica (copa/porta-enxerto), tendo em vista que, conforme informações disponíveis em Brito *et al.* (2021), plantas do híbrido entre a tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TSKFL) e o citrange ‘Troyer’ (CCTR) - 013, quando enxertados com a limeira ácida ‘Tahiti’, são mais sensíveis à salinidade que ao serem enxertadas com o pomeleiro ‘Star Ruby’, sendo aquela copa considerada mais sensível, podendo ser indicada, além da sua importância comercial, para identificar materiais tolerantes à salinidade.

O processo de identificação de materiais tolerantes pode ser relacionado com análises de aspectos fisiológicos, já que o estresse salino pode ocasionar distúrbios na planta relacionados à redução da condutância estomática e, consequentemente, redução da difusão de CO₂ e da taxa fotossintética, prejudicando todo o processo de crescimento e desenvolvimento da planta (HUSSAIN *et al.*, 2012), o que pode gerar redução na produção da cultura.

O estudo da fluorescência da clorofila *a*, por exemplo, tem se mostrado bem-sucedido em diferentes culturas de importância agrícola, dentre elas os citros, o que pode permitir a ampliação da capacidade de identificação de materiais com potencial tolerância, mesmo na fase inicial do estresse (SILVA *et al.*, 2014), já que o aumento da fluorescência inicial é um indicativo de distúrbios do centro de reação do PSII ou uma diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao PSII (BAKER; ROSENQVST, 2004).

2.3 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA A SALINIDADE

Conforme Botía *et al.* (2005), a variabilidade genética pode permitir a identificação de indivíduos portadores de mecanismos de adaptação ao estresse salino, ou seja, de genótipos tolerantes aos sais. Esses autores relataram que as plantas, quando tolerantes à salinidade, acumulam Na⁺ e Cl⁻ em determinadas partes de seus organismos, evitando altas concentrações destes íons nas folhas e, consequentemente, a toxicidade.

Um desses mecanismos adaptativos ao estresse salino, e que favorece a manutenção dos processos foliares, como a turgescência, a abertura dos estômatos e o fluxo de água para células jovens, é o ajuste osmótico (SOUZA *et al.*, 2011).

Fernandes *et al.* (2016) informaram que a planta tem a capacidade de controlar a absorção e o transporte dos sais, promovendo o acúmulo desses em órgãos menos ativos fisiologicamente, a exemplo de vacúolos de células maduras, o que lhes confere uma certa tolerância à salinidade.

Além disso, de acordo com Santana *et al.* (2018), os porta-enxertos influenciam diversas características do enxerto, como vigor, rendimento, qualidade dos frutos e sua tolerância a fatores bióticos e abióticos.

Estudando o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], Aquino *et al.* (2007) verificaram que o baixo acúmulo de Na^+ nas folhas é resultado de um processo eficiente de exclusão de íons tóxicos pelas raízes, bem como pela maior retenção de Na^+ , principalmente no colmo das plantas, evitando, assim, a toxicidade nas folhas. Os mencionados pesquisadores informaram que os teores foliares de potássio (K^+) foram maiores nos genótipos mais tolerantes à salinidade, servindo como indicativo de tolerância das plantas, que conseguem exportar maiores quantidades de K^+ para as folhas, mantendo uma relação Na^+/K^+ menor em plantas tolerantes, e mais alta em plantas sensíveis.

A hipótese de que plantas mais tolerantes à salinidade conseguem manter uma melhor relação iônica em nível foliar é reportada por Aktas *et al.* (2006), que estudaram 102 genótipos de pimenta (*Capsicum annuum* L.) sob aplicação de cloreto de sódio (NaCl) na solução nutritiva. Esses autores, em suas conclusões, destacaram a grande variabilidade dos materiais quanto a tolerância ao NaCl, além de informar que as plantas que conseguiram excluir o sódio nas raízes possuíam maior tolerância à salinidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi realizada em campo aberto, na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, localizada no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, (10°12'18" de latitude S e 37°19'39" de longitude W e altitude de 294 m). Segundo a classificação de Köppen, adaptada para o Brasil, a região apresenta o clima tropical com estação seca de verão (As). O período chuvoso é compreendido entre abril e agosto, com concentração nos meses de maio, junho e julho. Apresenta baixa umidade do ar e grande variação térmica entre o dia e a noite.

A precipitação acumulada no período de 26 meses foi de 1387,41 mm, sendo 554,3 mm no ano de 2019, 750,9 mm em 2020 e 82,2 mm nos meses de janeiro e fevereiro de 2021, valores dentro da média para a região, mas abaixo das necessidades hídricas da maioria das espécies cítricas, que estão em uma faixa de 900 a 1500 mm anuais (MONTENEGRO, 1980).

3.2 TRATAMENTO E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, 13 combinações copa/porta-enxerto sob três níveis de salinidade da água, usando o esquema de parcela subdividida, sendo:

a) Parcela: 13 combinações copa/porta-enxerto (genótipos), tendo a limeira ácida 'Tahiti' enxertada em 13 porta-enxertos (Quadro 1), todos provenientes do Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros.

Quadro 1 - Relação dos porta-enxertos (genótipos) estudados sob salinidade da água quando enxertados com a limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] durante os primeiros anos de produção.

Ordem	Genótipo	Ordem	Genótipo
1	Limoeiro 'Cravo Santa Cruz'	8	TSKC x CTTR - 012
2	Citrândarin 'Índio'	9	TSKFL x CTTR - 013
3	Citrândarin 'Riverside'	10	HTR - 069 ¹
4	Citrândarin 'San Diego'	11	TSKC x (LCR x TR) - 040 ²
5	Tangerineira 'Sunki Tropical'	12	TSKC x (LCR x TR) - 059 ³
6	TSKC x TRBK - 007	13	TSKC x CTARG - 019
7	TSKFL x TRBK - 030		

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*C. ×limonia* Osbeck); citrândarins 'Índio', 'Riverside' e 'San Diego' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; tangerineira 'Sunki Tropical' (*C. sunki*); TSKC = tangerineira 'Sunki' comum; TRBK = *P. trifoliata* Benecke; TSKFL = tangerineira 'Sunki da Flórida'; CTTR = citrange [*C. ×sinensis* (L.) Osbeck x *P. trifoliata*] 'Troyer'; HTR - 069 = híbrido trifoliado obtido do cruzamento laranjeira 'Pera' (*C. ×sinensis*) x citrange 'Yuma', sendo, portanto, um citrangor; LCR = limoeiro 'Cravo'; TR = *P. trifoliata*; CTARG = citrange 'Argentina'.

¹Citrangor em processo de inscrição como variedade porta-enxerto, pela Embrapa, no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com a denominação BRS Santana.

²Citrimoniandarin inscrito como variedade porta-enxerto, pela Embrapa, no RNC-MAPA com a denominação BRS Tabuleiro.

³ Citrimoniandarin inscrito como variedade porta-enxerto, pela Embrapa, no RNC-MAPA com a denominação BRS Bravo.

FONTE: Autoria própria (2021).

b) Sub-parcela: três tipos de água (salinidades), com condutividades elétricas (CEa) de 0,14 dS m⁻¹, 2,4 dS m⁻¹ e de 4,8 dS m⁻¹, sendo a primeira correspondente a água do Rio São Francisco e as duas últimas obtidas a partir da diluição de água de poço tubular, cujas características químicas estão presentes na Tabela 1, com a água do São Francisco, até as CE desejadas, sendo a aferição dos valores realizada com o uso de um condutivímetro portátil microprocessado, com ajuste automático de CE com a temperatura a 25 °C.

Tabela 1 - Características químicas da água do poço tubular usada no preparo das águas de 2,4 e 4,8 dS m⁻¹.

CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl
dS m ⁻¹		-----mmolc dm ⁻³ -----							
17,45	6,50	20,80	78,88	25,22	2,35	0,00	7,36	3,37	360,0

CE = condutividade elétrica;

FONTE: Autoria própria (2021).

As águas, após o preparo, foram armazenadas em recipientes plásticos com capacidade de 1000 litros (Figura 1), um para cada tipo de água utilizada, devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade.

Figura 1 – Vista parcial do experimento, com destaque para as caixas de 1000 L onde as águas usadas na irrigação foram armazenadas. Água com CE de 0,14 dS m⁻¹ (A), água com CE de 2,4 dS m⁻¹ (B) e água com CE de 4,8 dS m⁻¹ (C). Nossa Senhora da Glória - SE.



FONTE: Acervo pessoal (2021).

A unidade experimental foi constituída por uma planta e a aplicação das águas com diferentes níveis de salinidade ocorreu a partir dos 30 dias após o transplante (DAT) das mudas nos vasos adaptados como lisímetros, perdurando durante todo o período de avaliação, seguindo o balanço de água no solo.

Assim, obteve-se como resultado 39 tratamentos (13 combinações copa/porta-enxerto x 3 tipos de água salina), repetidos em quatro blocos, onde cada parcela foi constituída por uma planta útil, totalizando 156 parcelas.

3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Plantas de origem nucelar, identificadas com base em características morfológicas foliares, com boa formação e representativas de cada porta-enxerto, foram enxertadas com o clone de limeira ácida ‘Tahiti CNPMF-01’, processo de formação de mudas este realizado pelo Viveiro Tamafe®, que mantém parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, seguindo as recomendações de produção de mudas certificadas. Estas foram produzidas em sacolas plásticas com capacidade de 2 L, preenchidas com substrato comercial (Basaplant®). As mudas ficaram nessa condição até estarem aptas ao transplante, sendo o período anterior ao transplante de aproximadamente 300 dias.

As mudas foram levadas para a fazenda experimental do Campus do Sertão, onde foram transplantadas para lisímetros com capacidade de 60 L, onde procedeu-se seu cultivo. Os lisímetros foram preenchidos com solo, retirado de uma área próxima, caracterizado como ARGISSOLO Vermelho Amarelo, seguindo os seus horizontes diagnósticos, e devidamente peneirado com peneira de 10 mesh. No enchimento dos lisímetros, primeiramente foi inclusa uma camada de 4 cm de brita, seguida por uma camada de solo de 17 cm de altura, posteriormente outra camada de 17 cm de solo, na qual se inclui 10 L de esterco, sendo, assim, cada lisímetro preenchido com 45 L de solo e 10 L de esterco bovino, totalizando 55 L.

Até os 30 dias após o transplante, as plantas receberam água com baixa condutividade elétrica (CEa), água do rio São Francisco, proveniente do sistema de abastecimento local, a partir desse período foi iniciada a aplicação dos distintos tipos de água. As irrigações eram realizadas a cada dois dias, com uso de sistema de irrigação por gotejamento (Figura 2A) instalado nos lisímetros, com as plantas já adaptadas ao ambiente.

O manejo de irrigação foi realizado pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, que foi acrescido de uma fração de lixiviação, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9, o que corresponde a uma fração de lixiviação

de 10%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação, usando-se, no cálculo, a Expressão 1 (Exp. 1).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad \text{Exp. 1}$$

Em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10% (1-0,10).

Para realização da coleta da água drenada, cada lisímetro foi perfurado na base, de modo a conectar uma mangueira, que permitiu o fluxo do fluido drenado para um recipiente, vaso de 18 L, possibilitando mensurar o volume drenado (Figura 2B).

Figura 2 – Sistema de irrigação por gotejamento, mostrando um gotejador em atividade (A) e sistema de drenagem dos lisímetros para coleta da água lixiviada (B). Nossa Senhora da Glória – SE.



FONTE: Acervo pessoal (2021).

3.4 MANEJO NUTRICIONAL E DEMAIS TRATOS CULTURAIS

O manejo nutricional das plantas baseou-se em análise de solo e seguiu as recomendações apresentadas em Mattos Junior *et al.* (2005). No primeiro ano de produção foi realizada a adubação, via fertirrigação, com intervalos de uma semana entre uma adubação e outra, perfazendo um total de 52 semanas, com a utilização de macronutrientes (N, P₂O₅ e K₂O). Para tanto, foi utilizado, em cada adubação, 18,47 g planta⁻¹ de ureia, 1,33 g planta⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP) purificado e 5,77 g planta⁻¹ de KCl, sendo a mistura diluída em 0,2 litro de água e aplicada na planta.

No segundo ano de produção, após nova análise do solo, a adubação foi reajustada, passando as plantas a receber 0,2 L de uma solução composta por 8,15 g planta⁻¹ de ureia, 5,2 g planta⁻¹ de MAP purificado e 3,8 g planta⁻¹ de KCl. Em ambos os anos de produção, as plantas

receberam todos os micronutrientes necessários ao seu pleno desenvolvimento, conforme recomendações de Mattos Junior *et al.* (2005).

Os demais cuidados, relativos ao controle de plantas daninhas e pragas, foram adotados, ressaltando a capina manual das plantas que apareciam nos vasos (Figura 3), a aplicação de defensivos quando se tinha ocorrência de pragas, normalmente recomendados na produção de citros e registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), pragas essas identificadas com o monitoramento periódico (MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005). Ainda, foram realizadas limpezas no sistema de irrigação, preparo das soluções das águas dos tratamentos, podas de formação e condução das plantas, roçagem das entre linhas dos vasos, além de limpeza e manutenção periódica dos lisímetros.

Figura 3 – Vaso adaptado como lisímetro após a realização da capina manual, realizada com frequência, evitando-se assim a interferência das plantas invasoras. Nossa Senhora da Glória – SE.



FONTE: Acervo pessoal (2021).

3.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

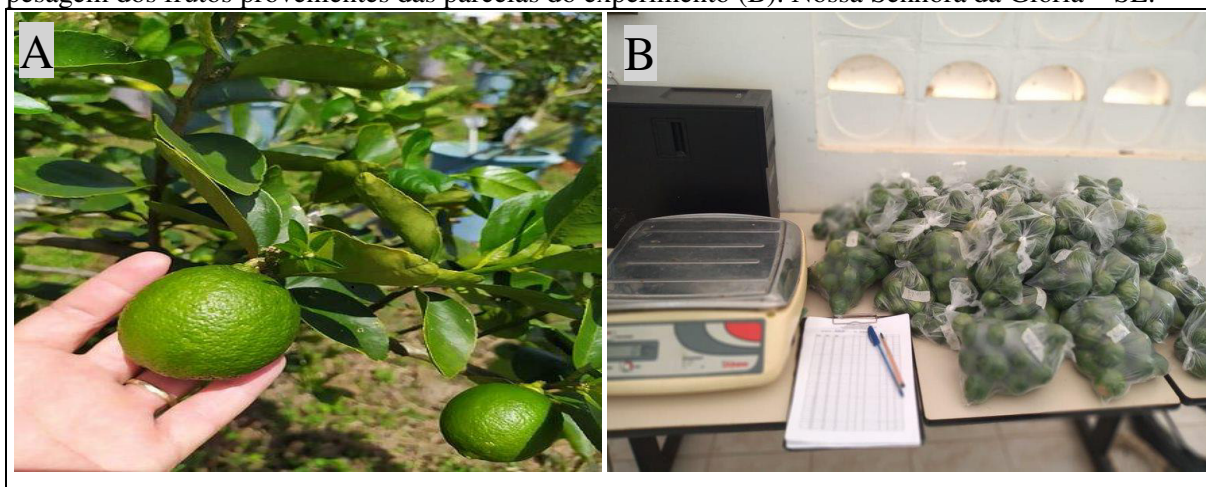
3.5.1 Razão de adsorção de sódio (RAS) e percentual de sódio trocável (PST)

Ao final de cada ano produtivo foram coletadas amostras de solo em cada parcela experimental, sendo determinadas as características de salinidade, CE, pH, e os teores de Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , valores que permitiram calcular a razão de adsorção de sódio (RAS) e o percentual de sódio trocável (PST).

3.5.2 Análise de produção

Durante a fase reprodutiva, com início próximo aos 300 dias após o transplante (DAT), à medida em que os frutos estavam em estágio de colheita (GAYET; SALVO FILHO, 2003) (Figura 4A), procedeu-se a coleta para posterior contagem, seguida da pesagem (Figura 4B), a fim de determinar o número de frutos por planta (NFPL), o peso dos frutos por planta (PF) em gramas (g) e o peso médio do fruto (PMF) em g por fruto, usando-se uma balança analítica com precisão de 0,01 g.

Figura 4 – Frutos em estágio de colheita em uma das parcelas do experimento (A) e contagem e pesagem dos frutos provenientes das parcelas do experimento (B). Nossa Senhora da Glória – SE.



FONTE: Acervo pessoal (2021).

3.5.3 Análises Fisiológicas

3.5.3.1 *Fluorescência da clorofila a*

As análises fisiológicas das plantas foram realizadas aos 270 DAT e aos 720 DAT, sendo determinadas no período da manhã. As variáveis da fluorescência da clorofila *a* consideraram a terceira folha contada a partir do ápice, estando em bom estado fitossanitário e completamente expandida (madura), utilizando-se de um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science, com base no protocolo OJIP, a fim de determinar a eficiência quântica do fotossistema II (FSII) (FV/P) (Figura 5A). Foram, assim, determinadas as variáveis de indução de fluorescência na fase bioquímica: Fluorescência inicial (*O*) e Fluorescência máxima (*P*).

A partir desses dados foram calculadas a fluorescência variável (FV , onde $FV = P - O$) e a máxima eficiência quântica do fotossistema II, mediante a divisão FV/P (GENTY *et al.*, 1989). As análises foram realizadas após adaptação das folhas ao escuro por um período de 40 minutos, usando-se de um clipe do próprio equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos.

3.5.3.2 Trocas gasosas

No mesmo período da determinação das fluorescências, foram realizadas as avaliações das trocas gasosas usando um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro⁺), com luz constante de $1.200 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, tendo como base a terceira folha da planta contada a partir do ápice, obtendo-se as seguintes variáveis: taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) (Figura 5B). De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA$), por meio da divisão A/E [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c ($EiCi$), por meio da divisão A/C_i e a eficiência instantânea no uso da água (A/g_s) (SILVA *et al.*, 2014).

Figura 5 – Análises fisiológicas das plantas realizadas aos 270 DAT e aos 720 DAT, no período da manhã para aferir as variáveis da fluorescência da clorofila *a* utilizando-se de um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science, com base no protocolo OJIP, a fim de determinar a eficiência quântica do fotossistema II (FSII) (FV/P) (A) e avaliações das trocas gasosas usando um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro⁺), com luz constante de $1.200 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, tendo como base a terceira folha da planta contada a partir do ápice (B). Nossa Senhora da Glória – SE.



FONTE: Acervo pessoal (2021).

3.5.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), em seguida, foi realizada a análise de variância, por meio do modelo descrito na expressão 2.

$$Y = m + Bk + G_i + A_j + GA_{ij} + E_{ijk} \quad \text{Exp. 2}$$

Onde ‘y’ é o vetor da observação fenotípica, m é o vetor de média fixa, B, G, A e são matrizes de incidência dos efeitos, k é o vetor de efeito fixo dos blocos, genótipos e salinidades, ‘i’ é o vetor do efeito de genótipos, assumido como aleatório, ‘j’ é o vetor de efeito das salinidades, assumido como aleatório, ij é o vetor do efeito da interação, utilizando-se para tal o software RStudio® (BHERING, 2021).

Os dados de produção também foram analisados, usando-se o RStudio, através de Boxplot’s utilizando o pacote “ggplot2”.

Por conseguinte, com a ocorrência de efeito significativo dos fatores ou da interação, foi realizado o teste de comparação de médias (Tukey, $P < 0,05$) para o fator salinidade e o teste de agrupamento de médias (Scoot-Knoot, $P < 0,05$), para o fator genótipo.

Os dados obtidos foram correlacionados com os atributos do solo, usando-se, para tanto, o pacote “corrplot” e “PerformancesAnalytics” no Rstudio, para visualização das correlações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS

Os fatores climáticos que mais influenciam a planta cítrica são temperatura, radiação solar, umidade relativa, pluviosidade e ventos, não necessariamente nesta ordem. Desta forma, durante o período de condução do experimento, que compreendeu os meses de janeiro de 2019, com a chegada das mudas, até fevereiro de 2021, foi realizado o acompanhamento dos dados climatológicos da área onde o experimento foi alocado.

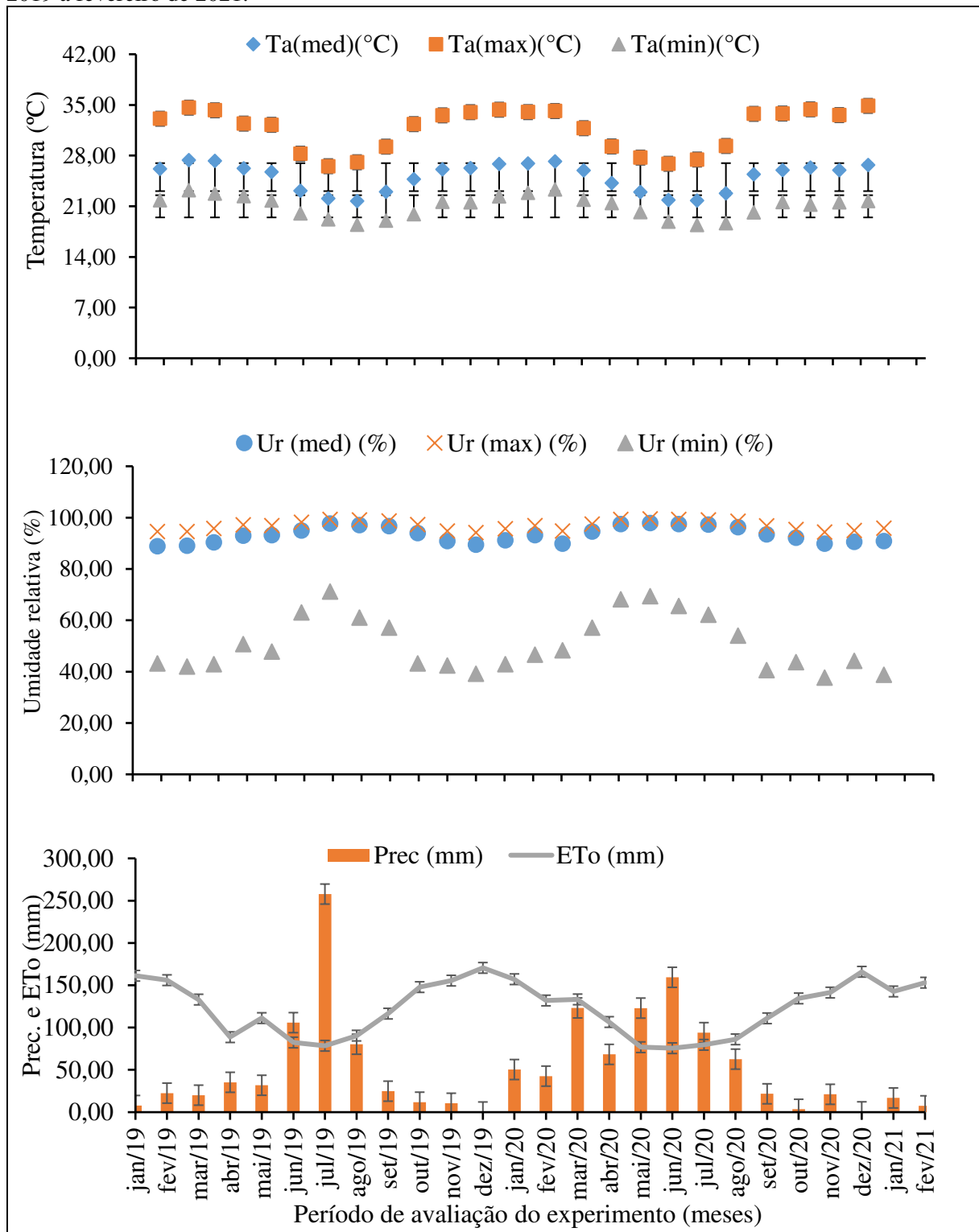
No período de condução, a temperatura média diária variou de 21,7 °C a 27,4 °C, já a menor temperatura mínima foi observada em agosto de 2020 (18,4 °C) e a maior temperatura máxima em fevereiro de 2021 (34,2 °C), conforme Figura 6A.

A faixa ideal de temperatura para a cultura dos citros é de 23 a 32 °C, segundo Montenegro (1980). Esse autor relata, ainda, que temperaturas abaixo de 12 °C ocasionam redução do metabolismo da planta. A partir dos 13 °C há um aumento progressivo da taxa de crescimento, que volta a decrescer após ultrapassar os 32 °C, até parar ao ultrapassar os 39 °C. Considerando que as temperaturas médias não excederam o valor de 32 °C e não foram observadas temperaturas abaixo do mínimo, acredita-se que esse fator abiótico não tenha ocasionado efeitos expressivos às plantas, especialmente no que concerne à mortalidade de indivíduos ou paralização de atividade fisiológica, o que não foi identificado.

A temperatura ideal para o pleno desenvolvimento dos citros pode variar de acordo com a variedade e o estágio de desenvolvimento da planta, ficando na faixa de 25 °C a 30 °C (MACHADO *et al.*, 2005). Ao analisar os dados de temperatura média observados durante a execução deste trabalho, nota-se que os valores ficaram dentro da faixa de pleno desenvolvimento para a cultura dos citros, o que nos faz inferir que a temperatura local não ocasionou estresse significativo ao desenvolvimento das plantas.

A umidade relativa do ar (UR) média (Figura 6B) ficou próxima a 94% a maior parte do período experimental, sendo o menor valor de UR mínima de 37,7%, observado em dezembro de 2020, e o maior valor de UR máxima de 99,5%, observado em junho de 2020.

Figura 6 - Temperaturas máxima, média e mínima (A), umidades relativas do ar máxima, média e mínima (B) e precipitação e evapotranspiração de referência (C), observadas no período produtivo do experimento. Estação Meteorológica da Embrapa Semiárido, Nossa Senhora da Glória - SE. Janeiro de 2019 a fevereiro de 2021.



FONTE: Autoria própria (2021).

A precipitação acumulada no período de 26 meses foi de 1387,4 mm, sendo 554,3 mm no ano de 2019, 750,9 mm em 2020 e 82,2 mm nos meses de janeiro e fevereiro de 2021 valores

dentro da média para a região, mas abaixo das necessidades hídricas das espécies cítricas, que estão em uma faixa de 900 a 1500 mm anuais (MONTENEGRO, 1980), podendo variar de acordo com a demanda evapotranspirométrica, o tipo de solo e o porta-enxerto utilizado. A evapotranspiração acumulada, para o mesmo período, foi de 3209 mm, caracterizando o balanço hídrico negativo da região (Figura 6C). Esse déficit hídrico, porém, foi suprido por meio da irrigação, com a aplicação dos três tipos de água com diferentes condutividades elétricas, fazendo com que o fator quantidade de água não afetasse o desenvolvimento das plantas.

4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

A partir das amostras de solo coletadas do final de cada ano, em cada parcela experimental, determinaram-se a condutividade elétrica, o pH, os teores de Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , os quais permitiram calcular a RAS e o PST, estando os dados médios das análises dispostos nas tabelas 2 e 3, considerando o resultado das médias dos genótipos e blocos em cada nível de salinidade da água aplicada.

No primeiro ano foram verificadas, de maneira geral, variações na condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes) de 3,97 a 14,76 dS m^{-1} , no pH na ordem de 5,6 a 6,0 e na RAS, que ficou entre 2,21 e 36,64 $(\text{mmolc dm}^{-3})^{0,5}$, permitindo caracterizar o solo que recebeu água com 0,14 dS m^{-1} como normal e os que receberam águas de 2,4 e 4,8 dS m^{-1} como salino-sódicos, quando a PST atinge valores maiores ou iguais a 15% e os níveis de salinidade permanecem altos, com uma CEes $\geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ (AYERS; WESTCOT, 1999).

O aumento nos teores de Na^+ pode alterar as características físicas do solo em razão da dispersão das argilas, reduzindo assim a porosidade do solo, a condutividade hidráulica, a taxa de infiltração, além de promover a desestruturação do solo, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas (HOMEM *et al.*, 2014). Todavia, como as águas usadas possuíam condutividade elétrica alta, isso pode ter retardado o efeito da salinidade na redução da taxa de infiltração, uma vez que não foi identificado tal problema nos lisímetros.

Foi observado, ainda, que a relação Na^+/K^+ , na solução do solo, aumentou com o incremento da salinidade da água aplicada, sendo de 0,317 para águas de CE 0,14 dS m^{-1} , passando para 2,743 quando se irrigou com águas de 2,4 dS m^{-1} e atingindo 5,233 com o uso de águas com CE de 4,8 dS m^{-1} , sendo tal fato relacionado ao maior teor de sódio observado na água usada no preparo das soluções salinas (Tabela 1).

Tabela 2 - Características químicas da solução do solo e a RAS em cada nível de salinidade, sendo resultado da média de amostras retiradas das parcelas no primeiro ano de produção.

Salinidade	pH	CEes dS m ⁻¹	Ca ²⁺ -----mmol _c dm ⁻³ -----	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	RAS (mmol _c dm ⁻³) ^{0,5}	PST %
0.14	5,618	3,971	1,125	7,402	2,350	1,135	2,210	2,08
2.40	5,955	9,542	0,601	13,195	36,200	1,603	34,484	19,12
4.80	6,005	14,763	7,218	15,575	81,500	2,675	36,644	20,61

pH = potencial de hidrogênio; CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS = razão de adsorção de sódio; PST = percentual de sódio trocável.

FONTE: Autoria própria (2021).

Deve-se ressaltar que os níveis de potássio observados no solo, em todos os tratamentos, podem ser classificados como muito altos (MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005). Entretanto, o aumento no conteúdo de sódio pode causar o desbalanço nutricional, já que esses íons possuem raios iônicos semelhantes, competindo por sítios de trocas similares, ficando mais disponível quem está em maior quantidade. Por outro lado, observando as plantas de citros, apenas em alguns genótipos, em especial nos mais sensíveis, foi possível observar sintomas de toxidez, característicos de deficiência de potássio e acúmulo de sódio no vacúolo celular.

A condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes) variou de 2,72 a 5,43 dS m⁻¹, o pH entre 4,88 e 5,43 e a razão de adsorção de sódio (RAS) entre 5,98 e 22,47 (mmol_c dm⁻³)^{0,5} nas análises realizadas no segundo ano de produção, havendo uma redução em praticamente todos os parâmetros analisados, chamando a atenção a diminuição da CEes, de um ano para o outro, o que pode ser explicado pela melhor distribuição das chuvas no segundo ano de cultivo, o que fez com que a frequência e duração das irrigações com águas salinas fossem diminuídas, bem como os excessos de sais, que foram lixiviados, pelas chuvas, para camadas mais profundas do solo, ou mesmo sendo drenados do lisímetro. Contudo, ressalta-se o fato de estarmos trabalhando com vasos e, mesmo realizando a fertilização, ocorre uma redução gradual na disponibilidade de nutrientes.

Tabela 3 - Características químicas da solução do solo e RAS em cada nível de salinidade, sendo resultado da média de amostras retiradas das parcelas no segundo ano de produção.

Salinidade	pH	CEes dS m ⁻¹	Ca ²⁺ -----mmol _c dm ⁻³ -----	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	RAS (mmol _c dm ⁻³) ^{0,5}	PST %
0.14	4,88	2,72	1,66	0,34	11,23	5,39	5,98	4,83
2.40	5,34	4,92	2,67	0,11	28,67	5,41	14,26	10,12
4.80	5,43	5,03	2,98	0,097	46	5,40	22,47	14,42

pH = potencial de hidrogênio; CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS = razão de adsorção de sódio; PST = percentual de sódio trocável.

FONTE: Autoria própria (2021).

Outra diferença que chama a atenção é a redução dos teores de K⁺ no solo, do primeiro (7,4 a 15,5 mmol_c dm⁻³) para o segundo (0,34 a 0,097 mmol_c dm⁻³) ano de cultivo, o que indica

uma maior absorção, pelas plantas, desse nutriente, essencial para o ajustamento osmótico celular, além de participar da abertura e fechamento estomático, o que influencia o estado hídrico das plantas e confere uma maior resistência ao estresse salino (TALEISNIK; GRUNBERG, 1994).

Devido à redução drástica dos teores de K^+ no segundo ano de cultivo a relação Na^+/K^+ , na solução do solo aumentou, sendo muito superior aos valores do primeiro ano de cultivo. Observou-se valores de 33,029 para águas de CE 0,14 dS m^{-1} , passando para 260,636 quando se irrigou com águas de 2,4 dS m^{-1} e atingindo o pico de 474,227 com o uso de águas com CE de 4,8 dS m^{-1} .

No segundo ano notou-se que os teores de potássio no solo puderam ser classificados como muito baixos, embora tenham sido realizadas as fertilizações, não se constatando, mesmo nos menores níveis de salinidade, sintomas de deficiência foliar, em especial nas plantas sob irrigação com água de 0,14 dS m^{-1} ; a presença de sódio no solo tende a ocasionar distúrbios nas relações iônicas e diminuir, de forma substancial, a absorção do potássio pela planta.

4.3 ANÁLISE DE PRODUÇÃO

4.3.1 Primeiro ano produtivo

O principal efeito da salinidade sobre a planta é a redução da produtividade, esta geralmente atribuída a vários processos fisiológicos e bioquímicos (MUNNS; TESTER, 2008), o que também foi observado entre os porta-enxertos estudados no primeiro ano de produção (Tabela 4), quando se notou efeito da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água quanto aos caracteres número de frutos por planta (NFPL), peso dos frutos (PF) e peso médio do fruto (PMF) ($p \leq 0,05$); já quando se estudaram os fatores de forma isolada, notaram-se diferenças significativas entre os porta-enxertos no PMF ($p \leq 0,01$) e efeito da salinidade ($p \leq 0,01$) em todas as variáveis analisadas.

Ademais, o efeito da interação entre os genótipos e a salinidade está relacionado a comportamentos distintos que os citros apresentam sob tal estresse, uma vez que a tolerância à salinidade é variável de acordo com a espécie, com a combinação copa/porta-enxerto e com a fase de desenvolvimento da planta (BRITO *et al.*, 2014), sendo esta última controlada por diversos genes e influenciada pelos fatores ambientais (SYVERTSEN; GARCIA-SANCHEZ, 2014).

Tabela 4 - Análise de variância relativa aos dados de número de frutos por planta (NFPL), peso dos frutos por planta (PF) (kg. Planta⁻¹) e peso médio do fruto (PMF) (g. fruto⁻¹) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO		
		NFPL	PF	PMF
Bloco	3	58,99 ^{ns}	231500,83 ^{ns}	323,33 ^{**}
Gen	12	119,92 ^{ns}	298621,30 ^{ns}	47,91 ^{**}
Erro 1	36	85,84	191893,86	40,37
Salinidade	2	10281,82 ^{**}	27051122,46 ^{**}	251,53 ^{**}
Gen x Sal	24	175,66 [*]	284288,68 [*]	72,519 [*]
Erro 2	78	72,50	168967,88	29,59
CV 1 (%)		31,71	32,96	13,97
CV 2 (%)		30,52	30,93	11,96
Média		29,215	1329,011	45,471

ns = não significativo; * e ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; CV = coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = genótipos (combinações copa/porta-enxerto); Sal = salinidade.

FONTE: Autoria própria (2021).

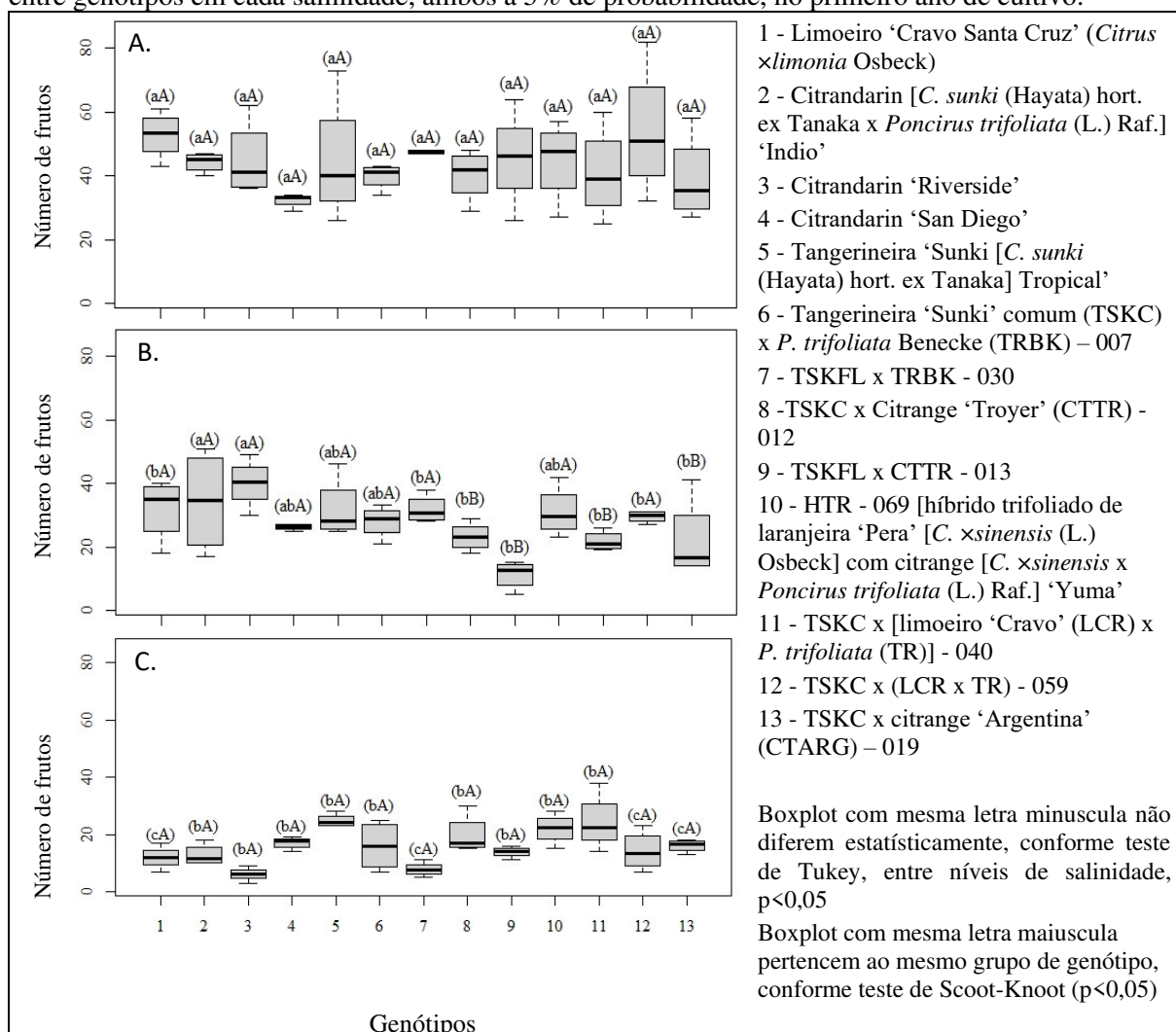
O número de frutos por planta foi reduzido pela salinidade da água, porém de forma diferenciada entre os porta-enxertos (Figura 7), constatando-se, quando submetidos a menor salinidade, 0,14 dS m⁻¹ (Figura 7A), não haver diferenças entre os genótipos, conforme teste de agrupamento de médias, embora os genótipos 6 e 7, correspondentes aos híbridos entre a tangerineira ‘Sunki’ comum (TSKC) com o *P. trifoliata* Benecke (TRBK) - 007 (TSKC x TRBK - 007) e entre a tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TSKFL) com a referida seleção de trifoliata (*P. trifoliata*) (TSKFL x TRBK - 030), respectivamente, além dos citrandarins ‘San Diego’ (genótipo 4) e ‘Indio’ (genótipo 2), possuem uma menor variabilidade no número de frutos, constatado por meio da análise dos boxplot.

A aplicação de águas com 2,4 dS m⁻¹ (Figura 7B) possibilitou, a par da redução geral no número de frutos por planta, a distinção de dois grupos de genótipos, sendo as menores médias observadas nos genótipos 8, 9, 11 e 13, correspondentes aos híbridos TSKC x citrange ‘Troyer’ (CTTR) - 012, TSKFL x CTTR - 013, TSKC x [limoeiro ‘Cravo’ (LCR) x *P. trifoliata* (TR)] - 040 e TSKC x citrange ‘Argentina’ (CTARG) - 019, respectivamente, o que denota maior sensibilidade, já nesta salinidade. Por outro lado, os citrandarins ‘San Diego’, TSKC x TRBK - 007 e TSKFL x TRBK - 030, bem como o citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 059, além de estarem no grupo de genótipos com maior número de frutos, apresentaram maior estabilidade, o que é observado pela menor variância do boxplot.

A elevação da salinidade da água para 4,8 dS m⁻¹ ocasionou reduções no número de frutos em todos os genótipos (Figura 7C), no entanto, nos genótipos 5, 6, 8, 10 e 11, correspondentes à tangerineira ‘Sunki Tropical’, ao citrandarin TSKC x TRBK - 007, ao citrangedarin TSKC x CTTR - 012, ao citrangor HTR - 069 e ao citrimoniandarin TSKC x

[(LCR) x (TR)] - 040, foram observadas menores reduções, ou seja, verificou-se uma menor sensibilidade da ‘Tahiti’ quando enxertada nesses porta-enxertos. Cabe destacar que o citrandarin TSKC x TRBK - 007 foi o que apresentou maior estabilidade na produção quando irrigado com água com condutividade elétrica de 4,80 dS m⁻¹.

Figura 7 - Boxplot relativo às médias do número de frutos por planta de 13 porta-enxertos de citros em combinação com a limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scoot-Knoot, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no primeiro ano de cultivo.



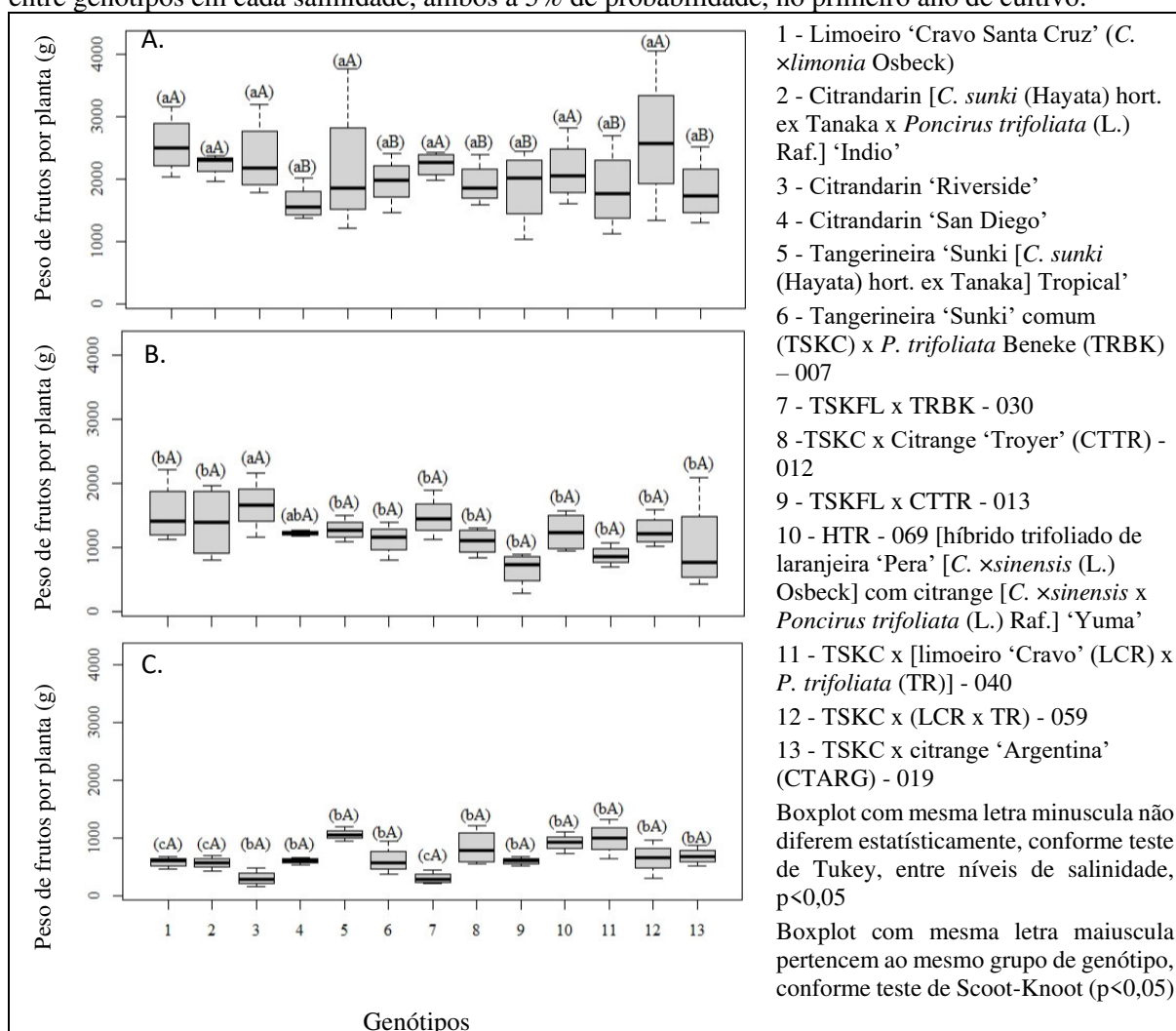
FONTE: Autoria própria (2021).

Ao estudar porta-enxertos de citros sob salinidade da água durante o período de formação, antes da enxertia, alguns autores (BRITO et al., 2014; BARBOSA et al., 2017) afirmaram que águas com condutividade elétrica de até 2,0 dS m⁻¹ podem ser utilizadas, sem que ocorra restrições no desenvolvimento da planta, o que é confirmado neste trabalho com o uso de água 2,4 dS m⁻¹, que ocasionou reduções, porém aceitáveis, pouco expressivas, fato este que pode estar relacionado à condição de balanço hídrico, já que houve uma precipitação

considerável (Figura 6C), embora tenha sido observada uma CEEs de 9,5 dS m⁻¹ na solução do solo (Tabela 2).

A salinidade ocasionou redução no peso dos frutos por planta (Figura 8) em todas as combinações copa/porta-enxerto, todavia, só houve formação de grupos distintos ao aplicar água com menor salinidade, notando-se as maiores produções nas plantas enxertadas com limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarins ‘Indio’ e ‘Riverside’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, e com os híbridos TSKFL x TRBK - 030, HTR - 069 e TSKC x (LCR x TR) - 059, conforme teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Esse comportamento pode ter sido devido a uma maior precocidade de início de produção de frutos determinada por esses porta-enxertos, sendo necessária a observação de diversas safras para se concluir quais porta-enxertos, efetivamente, determinam, ao longo do tempo, maiores produtividades de frutos.

Figura 8 - Boxplot relativo às médias do peso de frutos por planta (g) de 13 porta-enxertos de citros em combinação com a limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no primeiro ano de cultivo.

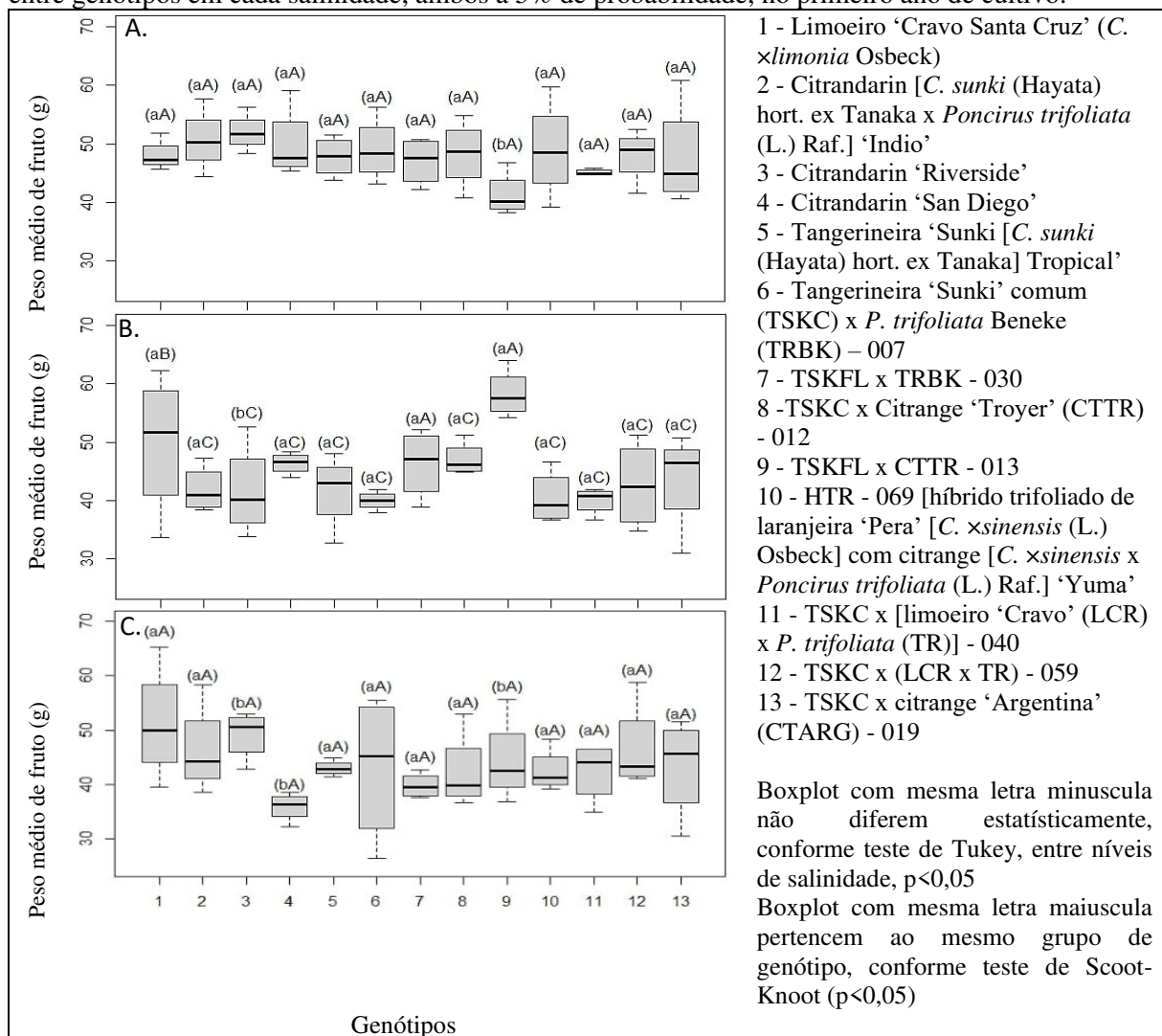


FONTE: Autoria própria (2021).

Acrescenta-se que, além de estarem entre os genótipos com maior produção quando se irrigou com águas de baixa salinidade, ao se usar o citrandarin ‘Riverside’, a tangerineira ‘Sunki Tropical’, e o híbrido trifoliado HTR - 069, teve uma maior estabilidade da produção, como foi notado nos boxplots entre os níveis de salinidade (Figura 8).

O peso médio do fruto (PMF) também foi reduzido pelo aumento da salinidade de forma diferenciada entre os porta-enxertos (Figura 9). Entretanto, tal distinção ocorreu de forma significativa na salinidade 2, ou seja, com a aplicação de água com $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 9B), constatando-se frutos com maior peso médio nas plantas enxertadas no citrangedarin TSKFL x CTTR - 013 (genótipo 9).

Figura 9 - Boxplot relativo às médias do peso médio de frutos (g) de 13 porta-enxertos de citros em combinação com a limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] sob irrigação com águas de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ (A), $2,40 \text{ dS m}^{-1}$ (B) e $4,80 \text{ dS m}^{-1}$ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no primeiro ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

A salinidade, ainda, ocasionou maior variabilidade no peso médio de fruto de algumas combinações copa/porta-enxerto, destacando-se que, na condutividade elétrica de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores amplitudes foram observadas em relação aos porta-enxertos HTR - 069 e TSKC x CTARG - 019. Já com $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores variações foram associadas aos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarin ‘Riverside’ e TSKC x (LCR x TR) - 059. E com a irrigação com água de $4,8 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores variações relacionaram-se aos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, TSKC x TRBK - 007 e TSKC x CTARG - 019, conforme análises dos boxplots (Figura 9).

4.3.2 Segundo ano produtivo

Ao analisar a produção do segundo ano (Tabela 5), foi observado efeito da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água quanto ao número de frutos por planta (NFPL), produção de frutos (PF) e peso médio do fruto (PMF) ($p \leq 0,05$), já quando se estuda os fatores de forma isolada, só não se notaram diferenças significativas entre os genótipos usados como porta-enxertos no peso médio do fruto (PMF) ($p \leq 0,01$), por outro lado, foi constatado efeito da salinidade ($p \leq 0,01$) em todas as variáveis de produção estudadas.

Tabela 5 - Análise de variância relativa aos dados de número de frutos por planta (NFPL), peso dos frutos por planta (PF) (kg. Planta-1) e peso médio do fruto (PMF) (g. fruto-1) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 720 dias após o início do estresse salino.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO		
		NFPL	PF	PMF (g)
Bloco	3	456.65*	1003605.85 ^{ns}	229.155975*
Gen	12	950.14**	2213721.24**	104.240321 ^{ns}
Erro 1	36	110.48	284424.46	68.466528
Salinidade	2	19320.75**	54851922.32**	861.357813**
Gen x Sal	24	528.51**	1524565.20**	109.237338**
Erro 2	78	127.10	323892.75	39.697871
CV 1 (%)		27.60	31.20	18.81
CV 2 (%)		29.61,78	33.29	14.32
Média		38.077	1709.559	44.0009814

ns = não significativo; * e ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; CV = coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = Genótipos (combinações copa/porta-enxerto); Sal = salinidade.

FONTE: Autoria própria (2021).

Como ocorreu no primeiro ano de produção, o número de frutos por planta foi reduzido pelo aumento salinidade da água (Figura 10), constatando-se, conforme teste de agrupamento de médias, uma maior produção quando os porta-enxertos foram a tangerineira ‘Sunki Tropical’

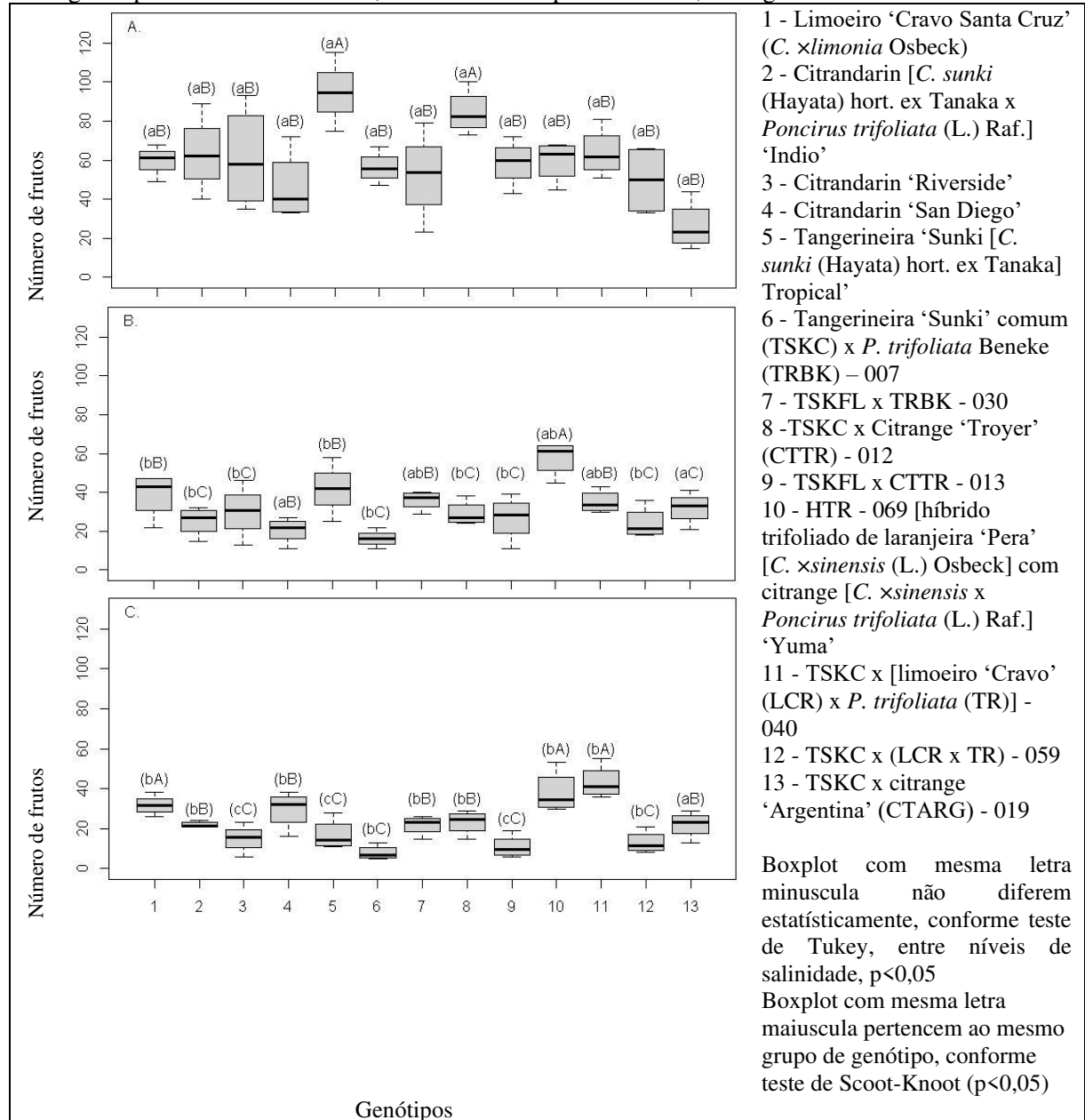
e o híbrido TSKC x CTTR - 012, quando submetidos à menor salinidade ($0,14 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 10A). Pode-se verificar, ainda, conforme o teste de agrupamento de médias, não existir diferença significativa entre os outros porta-enxertos estudados, sendo que o híbrido TSKC x CTARG - determinou uma menor média de frutos por planta, enquanto o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e o citrandarin TSKC x TRBK - 007 relacionaram-se a uma menor variabilidade na produção do segundo ano, conforme análise dos boxplot. Ressalta-se, ainda, segundo já indicado, que tais distinções no número de frutos por planta podem estar relacionadas a características de precocidade da produção que alguns genótipos possuem, o que remete à importância de se ter mais anos de avaliação.

A aplicação de águas com $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 10B) causou, além da redução geral no número de frutos por planta, a distinção de três grupos de genótipos, sendo as maiores médias observadas quando o porta-enxerto foi o citrangor HTR - 069. Os citrandarins TSKC x TRBK - 007 e TSKFL x TRBK - 030, o citrangedarin TSKC x CTTR - 012 e o citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040 determinaram menor variabilidade na produção no segundo ano de cultivo.

A elevação da salinidade da água para $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ ocasionou reduções no número de frutos em todos os genótipos (Figura 10C), no entanto, como no primeiro ano de produção, foram constatadas menores reduções quando os porta-enxertos foram o HTR - 069 e o TSKC x [LCR x TR] - 040, indicando uma menor sensibilidade da limeira ácida 'Tahiti' em combinação com esses híbridos. Tais informações, além de serem relevantes para tomadas de decisão, confirmam o HTR - 069, híbrido de laranjeira 'Pera' com citrange 'Yuma', como porta-enxerto que confere maior tolerância à salinidade, corroborando com resultados obtidos por Brito *et al.* (2021), ao estudar o referido híbrido na fase de formação de muda.

Por outro lado, o destaque desses porta-enxertos não desqualifica a potencialidade dos demais, já que as plantas de citros têm estabilização da produção entre seis e sete anos (MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005), considerando que estamos no segundo ano de produção e terceiro de cultivo, significando que as combinações copa/porta-enxerto sob análise devem ser estudadas por um maior período.

Figura 10 - Boxplot relativo às médias do número de frutos por planta de 13 porta-enxertos de citros em combinação com a limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scoot-Knoot, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

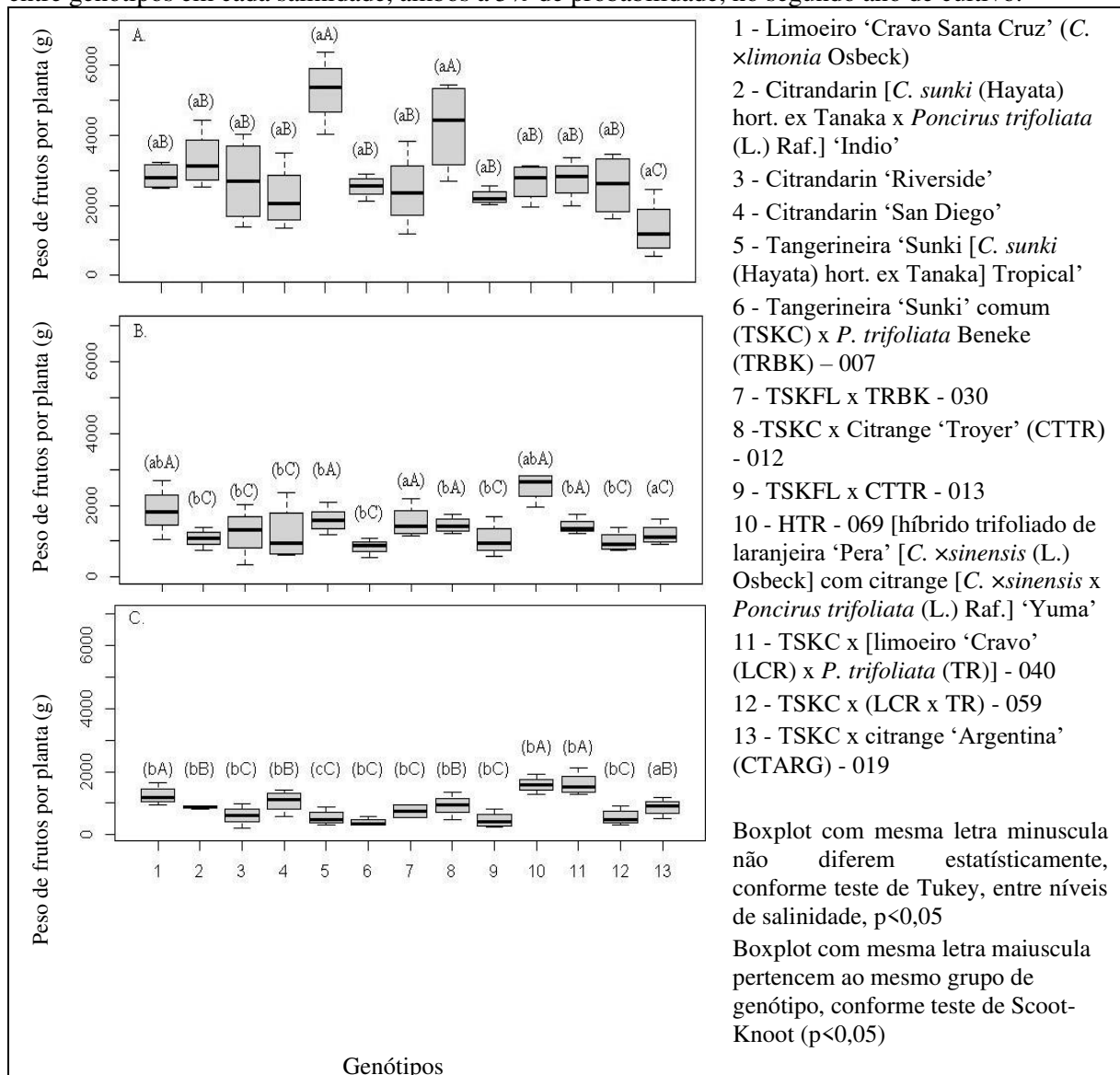
O peso dos frutos por planta (Figura 11) também foi reduzido pelo aumento da salinidade da água em todas as combinações copa/porta-enxerto, sendo possível a identificação de três grupos distintos de combinações nos três níveis de salinidade.

Relativamente à irrigação com água de 0,14 dS m⁻¹ (Figura 11A) as maiores médias de peso de frutos foram observadas para os porta-enxertos tangerineira ‘Sunki Tropical’ e citrandarin TSKC x CTTR - 012.

Quando foi usada água de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ na irrigação (Figura 11B), observaram-se maiores médias de peso de frutos para o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, TSKFL x TRBK - 030, TSKC x CTTR - 012, HTR - 069 e TSKC x (LCR x TR) - 040).

Já ao aplicar água com CE de $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 11C), permaneceram no grupo de maiores médias os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, HTR - 069 e TSKC x (LCR x TR) - 040, conforme teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), destacando-se o híbrido trifoliado HTR - 069, que apresentou uma menor variabilidade, mostrando-se, mais uma vez, com um bom nível de tolerância à salinidade.

Figura 11 - Boxplot relativo às médias do peso de frutos por planta (g) de 13 porta-enxertos de citros em combinação com a limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus × latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] sob irrigação com águas de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ (A), $2,40 \text{ dS m}^{-1}$ (B) e $4,80 \text{ dS m}^{-1}$ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scoot-Knoot, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

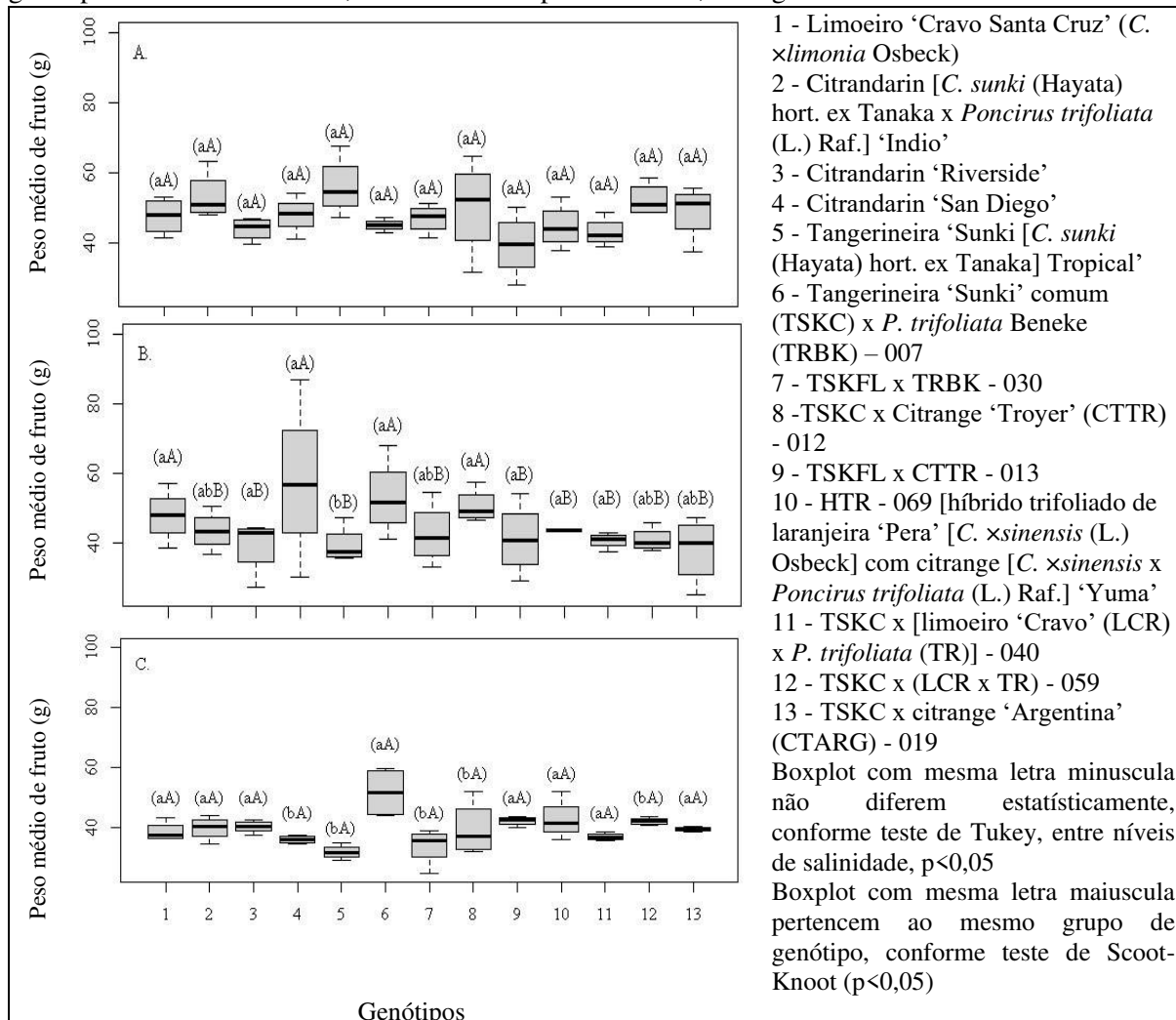
Reportando-se à produção de frutos por planta, assim como destacado para a variável número de frutos, tem-se que, além do efeito da salinidade, a diferenciação da produção pode estar relacionada a um início de frutificação mais precoce ou mais tardio desta ou daquela combinação copa/porta-enxerto, não sendo possível fazer qualquer conjectura sobre a produtividade de frutos ao longo do tempo, situação que exige o acompanhamento de cinco ou mais safras.

Todavia, quando se avalia o efeito dos níveis de salinidade, pôde-se constatar diferenças entre as combinações copa/porta-enxerto quanto à tolerância à esse estresse abiótico, já que uma menor variação na produção entre os níveis de salinidade, em nível de uma dada combinação, significa a obtenção de rendimentos viáveis, mesmo sob condições de estresse, o que foi constatado, principalmente, quando os porta-enxertos tratavam-se dos híbridos HTR - 069 e TSKC x (LCR x TR) - 040; esse resultado indica a tolerância à salinidade dessas variedades e sua potencialidade de cultivo sob irrigação no semiárido.

O peso médio do fruto (PMF) também foi reduzido pelo aumento da salinidade de forma diferenciada entre as combinações copa/porta-enxerto (Figura 12), contudo, a distinção entre genótipos só ocorreu, de forma significativa, na salinidade 2, ou seja, quando se aplicou água com $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 12B), constatando-se dois grupos de genótipos (combinações copa/porta-enxerto), os de maiores pesos médios do fruto, constatados nas plantas enxertadas nos citrandarins ‘San Diego’ e TSKC x TRBK - 007 e no citrangedarin TSKC x CTTR - 012, estando os demais porta-enxertos agrupados com a menores médias. Ressalta-se que um maior peso ou tamanho de fruto pode estar relacionado a um menor número de frutos por planta, havendo um maior dispêndio de energia no aumento da massa do fruto, já que a floração ou o pegamento das flores tenha sido baixa. Não se descarta, porém, a possibilidade dessa característica ser intrínseca à combinação copa/porta-enxerto, o que pode ser confirmado mediante um maior período de avaliações.

A salinidade, ainda, ocasionou uma maior variabilidade no peso médio de fruto de algumas combinações copa/porta-enxerto, destacando-se que, na condutividade elétrica de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores amplitudes foram observadas nos citrangedarins TSKC x CTTR - 012 e TSKFL x CTTR - 013 (Figura 12A). Já com $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores variações foram registradas quando os porta-enxertos foram os citrandarins ‘San Diego’ e TSKC x TRBK - 007, assim como os citrangedarins TSKFL x CTTR - 013 e TSKC x CTARG - 019 (Figura 12B). Relativamente à irrigação com água de $4,8 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores variações foram verificadas quando os porta-enxertos foram o citrandarin TSKC x TRBK - 007 e o citrangedarin TSKC x CTTR - 012 e o citrangor HTR - 069, conforme análises dos boxplots (Figura 12C).

Figura 12 - Boxplot relativo às médias do peso médio de frutos (g) de 13 porta-enxertos de citros em combinação com a limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.

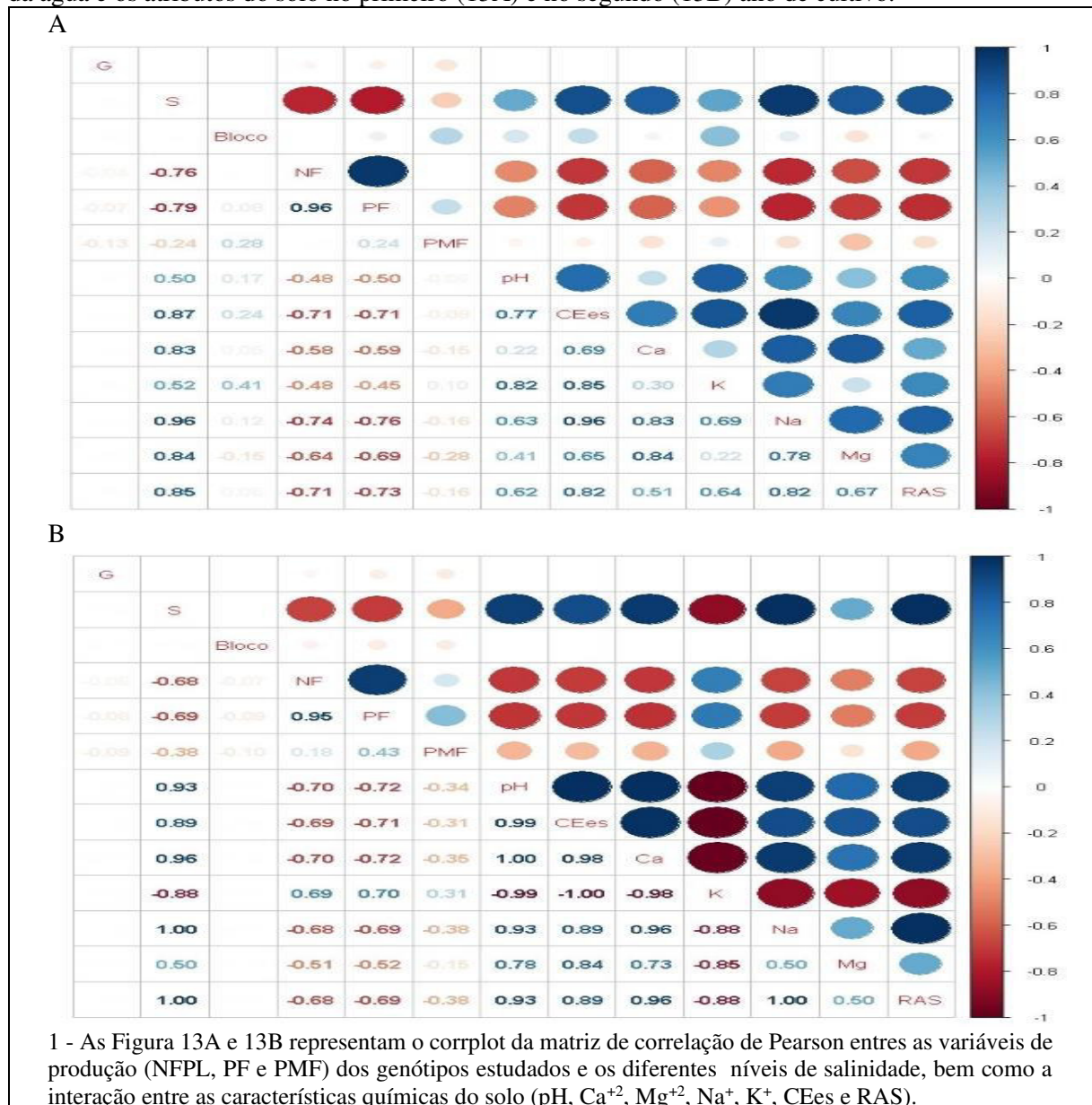


FONTE: Autoria própria (2021).

As Figura 13 A e 13 B correspondem às análises de correlação de Pearson, realizadas no software R, com base no pacote: “corrplot”(figura 13), com as quais buscou-se correlacionar os dados de produção com os dados das análises de solo.

Nas Figuras 13A e 13B estão as correlações do primeiro e do segundo anos de cultivo, respectivamente, onde é possível observar que círculos preenchidos com as cores vermelha representam correlação negativa, e os de cores azul são relativos à correlação positiva. Observa-se, ainda, que quanto maior o tamanho do círculo, maior a predição da correlação entre as variáveis, e que houve variação do primeiro para o segundo ano, em especial no comportamento do K⁺ do solo, evidenciando a importância desse nutriente na manutenção dos processos fisiológicos das plantas.

Figura 13 - Corrplot da matriz de correlação de Pearson das variáveis de produção número de frutos por planta (NFPL), peso dos frutos por planta (PF) e peso médio do fruto (PMF) em relação a salinidade da água e os atributos do solo no primeiro (13A) e no segundo (13B) ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

No primeiro ano foi observada correlação positiva entre o K⁺ (0,52) e a salinidade da água, ou seja, à medida que a salinidade aumentava os valores de K⁺ também aumentavam, estes, contudo, de forma mais lenta que os da salinidade. Entretanto, no segundo ano, observou-se o contrário, uma forte correlação negativa (-0,88), o que pode ser explicado pela maior necessidade desse nutriente para que a planta pudesse manter os processos fisiológicos, bioquímicos e a sobrevivência, como relatado por Storey e Walker (1999), que comentaram que a habilidade das plantas cítricas em se desenvolver em solos salinos está geralmente mais associada à “exclusão”, do que a compartimentalização aos íons nas folhas, ou seja, a planta evita o acúmulo de íons tóxicos e absorve os íons necessários ao seu desenvolvimento.

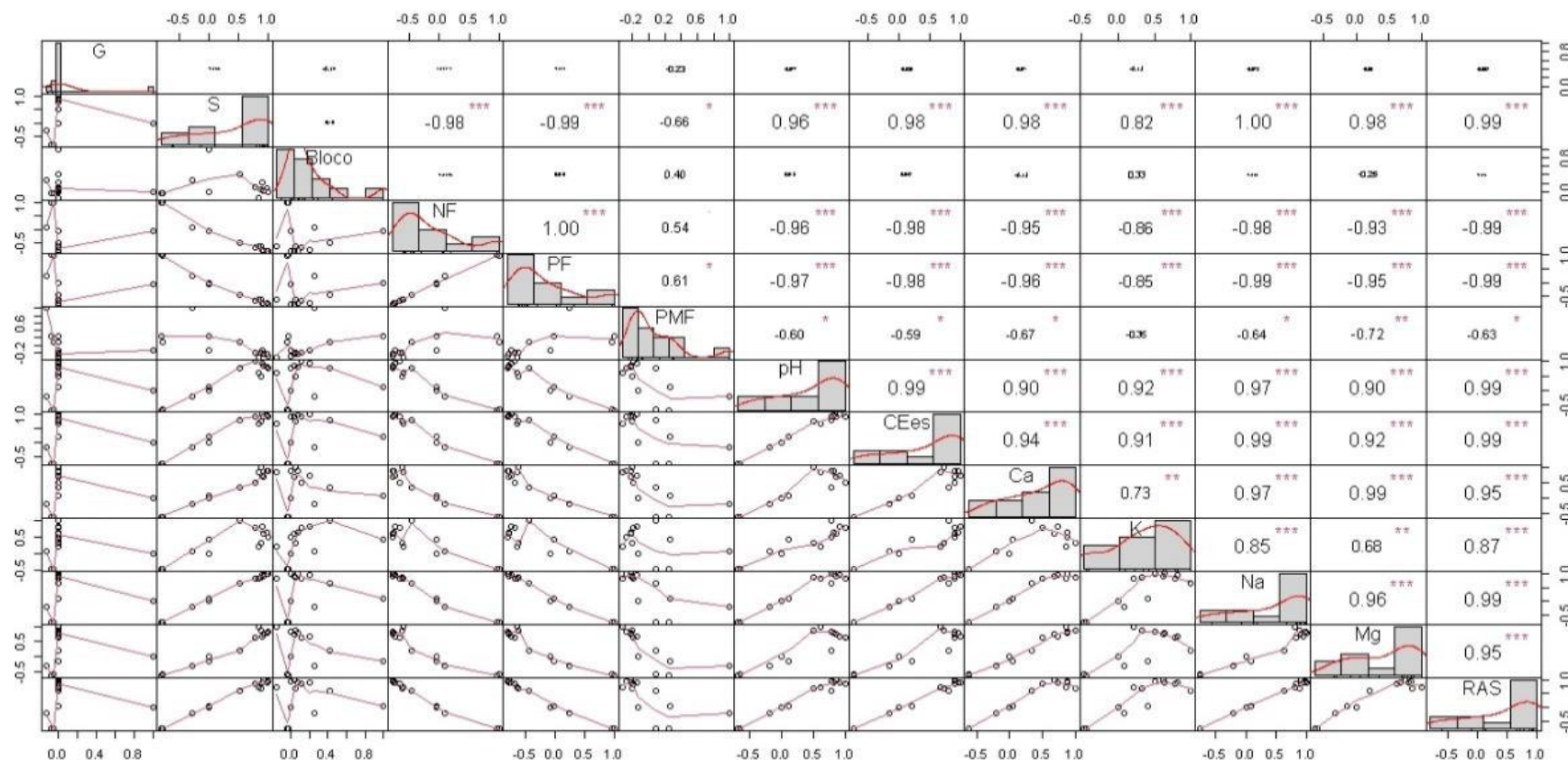
Outra inferência que pode ser feita é que, tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo, a salinidade interagiu negativamente com as variáveis de produção NF, PF e PMF, ou seja, à medida que a salinidade aumentava a produção diminuía, corroborando com o que foi mostrado nos boxplot's dispostos nas Figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 12, assim como nas pesquisas de vários autores (BRITO *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2017; ALMEIDA, 2019; BRITO *et al.*, 2021).

No tocante à interação entre a salinidade e as variáveis de solo pH, CEes, Ca^{2+} , Mg^{2+} e a RAS, foi observada uma interação positiva com uma correlação muito forte, próxima a 1, na maioria das variáveis, como se pode constatar nas Figuras 13 A e 13 B, ou seja, os teores dos elementos aumentavam à medida que se aplicava água com maior salinidade na irrigação. O processo de formação dos solos salinos envolve a concentração de sais solúveis na solução do solo e resulta na acumulação de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , dessa forma o uso constante de águas salinas deve ser bem manejado, para que se possa evitar esses fenômenos de salinização. Neste sentido, foi verificado que a água usada na irrigação possuía altos teores de cátions, em especial Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ , gerando um aumento nos teores desses elementos no solo e nas relações entre eles, em especial o aumento do sódio em relação aos demais, já que este é o cátion em maior proporção.

Segundo Resende *et al.* (2014) e Pedrotti *et al.* (2015), os principais sais encontrados são exatamente os cloretos e sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , sendo que os carbonatos e os nitratos também são encontrados, porém em quantidades reduzidas, como observado nas águas usadas na irrigação, o que refletiu nos conteúdos dispostos no solo cultivado com citros.

Na figura 14 temos a matriz de correlação de Pearson das performances das análises estatísticas, realizadas no software R, com base no pacote “PerformancesAnalytics” para os dois anos produtivos em estudo, correlacionando as variáveis de produção número de frutos por planta (NFPL), peso dos frutos por planta (PF) e peso médio do fruto (PMF) em relação a salinidade da água e os atributos do solo durante os dois anos produtivos, com p-value, onde: ***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$) e valores sem * são não significativos, corroborando com o que foi apresentado anteriormente nas figuras 13A (1 ano) e 13B (2 ano).

Figura 14 - Matriz de correlação de Pearson das performances das análises estatísticas dos dois anos produtivos das variáveis de produção número de frutos por planta (NFPL), peso dos frutos por planta (PF) e peso médio do fruto (PMF) em relação a salinidade da água e os atributos do solo durante os dois anos produtivos.



1 - A figura 14 representa a matriz de correlação de Pearson das performances das análises estatísticas, com p-value, onde: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$) e valores sem * são não significativos.

FONTE: Autoria própria (2021).

4.4 ANÁLISES FISIOLÓGICAS

4.4.1 Fluorescência da clorofila *a* no primeiro ano de cultivo

A análise da fluorescência da clorofila *a* permite a apreciação qualitativa e quantitativa da absorção e do aproveitamento da energia luminosa pelo fotossistema II (MOUGET; TREMBLIN, 2002), sendo essas informações frequentemente utilizadas para avaliar a eficiência fotoquímica e as condições fisiológicas das plantas (BAKER; ROSENQVIST, 2004).

A interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água não afetou a fluorescência da clorofila *a* após a adaptação ao escuro, bem como não se observou diferenças significativas entre os porta-enxertos ou entre os níveis de salinidade na fluorescência inicial (*O*), fluorescência máxima (*P*), fluorescência variável (*FV*) e eficiência quântica do fotossistema II (*FV/P*), avaliadas aos 270 dias após o início do estresse (Tabela 5), indicando que os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre as combinações copa/porta-enxerto não foram expressivos a ponto de causar dano ao aparato fotossintético (ZHANG *et al.*, 2014).

Tabela 5. Resumo da análise de variância relativa aos dados de fluorescência da clorofila *a* na fase escura, fluorescência inicial (*O*), fluorescência máxima (*P*), fluorescência variável (*FV*) e eficiência quântica do fotossistema II (*FV/P*), de combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com 13 porta-enxertos, sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		<i>O</i>	<i>P</i>	<i>FV</i>	<i>FV/P</i>
Bloco	3	164284,95**	1855164,769**	938945,117**	0,0048 ^{ns}
Gen	12	3035,368 ^{ns}	64857,381 ^{ns}	54188,286 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
Erro 1	36	4167,117	74885,949	79660,237	0,0018
Salinidade	2	4458,083 ^{ns}	139959,480 ^{ns}	172505,237 ^{ns}	0,0043 ^{ns}
Gen x Sal	24	3631,208 ^{ns}	49066,730 ^{ns}	46836,771 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
Erro 2	78	3942,771	62927,730	58535,619	0,0013
CV 1 (%)		14,14	12,99	17,11	5,55
CV 2 (%)		13,76	11,91	14,67	4,71
Média		456,4679	2105,9230	1649,4551	0,7812

Ns = não significativo; * e ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; CV = coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = genótipos (combinações copa/porta-enxerto); Sal = salinidade.

FONTE: Autoria própria (2021).

Em ambientes estressantes pode ocorrer o decréscimo característico na eficiência quântica potencial do fotossistema II, que pode ser detectado pela queda na relação *FV/P* (KRAUSE; WEIS, 1991). Contudo, embora as plantas estivessem sujeitas a níveis de salinidade

da água de $4,8 \text{ dS m}^{-1}$, o que ocasionou acúmulo de sais no solo na ordem de $14,7 \text{ dS m}^{-1}$ no primeiro ano e $5,0$ no segundo ano, valores muito acima da salinidade limiar da cultura, que é de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$, não se constatou efeito significativo.

No processo de fotossíntese, a luz absorvida pode ser transferida para os fotossistemas, ou se houver excesso de energia esta pode ser dissipada na forma de calor ou fluorescência (KRAUSE; WINTER, 1996; YOUNG; FRANK, 1996). Considerando que não houve alterações na fluorescência com o aumento da concentração de sais na água de irrigação aplicada às plantas e que foram obtidos valores de eficiência quântica do fotossistema II (FV/P) próximos a $0,78$, é possível supor que o aparato fotossintético das combinações copa/porta-enxerto não tenha sido danificado neste estudo, podendo ter ocorrido uma aclimatização, ou que essa resposta tenha sido consequência do curto período de estresse, devido à distribuição mais regular das chuvas, o que ocasionou uma diminuição na concentração dos sais, já que a irrigação foi realizada via balanço hídrico.

Segundo Fernandes *et al.* (2011) e Barbosa *et al.* (2017), em estudos do crescimento e da fisiologia de híbridos e de algumas variedades recomendadas como porta-enxerto para citros, quando as plantas são irrigadas com águas salinas a resposta pode ser diversa, o que é atribuído à carga genética do material, bem como à capacidade de adaptação às condições do estresse, fato esse que pode ter ocorrido neste estudo e assim preservado o PSII. Destarte, faz-se necessário estudos por períodos mais longos e/ou em ambientes controlados, onde as condições ambientais possam ser mantidas de forma a não ocasionar outros estresses ou outro tipo de interferência.

A eficiência quântica fotoquímica do PSII (FV/P) reflete a eficiência relativa à absorção de energia luminosa pelo complexo antena do PSII e a conversão desta em energia química, observando-se que, ao não se notar efeito significativo da salinidade nesta variável, em especial pela média ser superior a $0,72$, limite que atesta dano ao aparato fotossintético (SILVA *et al.*, 2014), tem-se que não ocorreu dano causado pelo estresse salino (BAKER, 2008; LUCENA *et al.*, 2012).

A média obtida nas plantas de citros, no primeiro ano de cultivo, foi de $0,78$ (Tabela 6), o que está de acordo com a média supracitada, bem como dentro da faixa relatada por López-Climent *et al.* (2008) que, em trabalhos com plantas controle de porta-enxertos de citros, ou seja, cultivadas sem estresse salino, observaram uma razão FV/P entre $0,72$ a $0,81$, sendo possível inferir que, no primeiro ano de cultivo, as plantas estavam com o aparato fotossintético preservado. Entretanto, como ocorreram reduções na produção das plantas, como visto nos

boxplot's, o efeito do estresse salino deve estar relacionado, principalmente, a efeitos de ordem osmótica.

4.4.2 Fluorescência da clorofila *a* no segundo ano de cultivo

As variáveis de fluorescência no segundo ano de cultivo, fluorescência inicial (*O*), fluorescência máxima (*P*) e fluorescência variável (*FV*), apresentaram diferenças significativas na interação genótipo x salinidade ($P \leq 0,05$) (Tabela 6), diferentemente do que ocorreu no primeiro ano de cultivo. Essa resposta é corroborada por observações de Zhang *et al.* (2014), que concluíram que os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre combinações copa/porta-enxerto podem ser mais intensos com a exposição mais prolongada ao estresse. Fato verificado neste estudo, uma vez que, apesar da salinidade no extrato de saturação encontrar-se menor no segundo ano (Tabela 3), devido à lixiviação dos sais, constatou-se que, nessa ocasião, a exaustão das plantas estava maior. Todavia, não se constataram efeitos dos fatores na eficiência quântica do fotossistema II (*FV/P*), o que pode ser relacionado a uma aclimatização, embora as plantas estivessem sob estresse.

Tabela 6. Resumo da análise de variância relativa aos dados de fluorescência da clorofila *a* na fase escura, fluorescência inicial (*O*), fluorescência máxima (*P*), fluorescência variável (*FV*) e eficiência quântica do fotossistema II (*FV/P*), de combinações de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com 13 porta-enxertos, sob salinidade da água aos 720 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		<i>O</i>	<i>P</i>	<i>FV</i>	<i>FV/P</i>
Bloco	3	1245,21 ^{ns}	328638,98 ^{**}	355262,19 ^{**}	0,017931 ^{**}
Gen	12	3657,48 ^{ns}	67213,51 ^{ns}	59530,95 ^{ns}	0,003377 ^{ns}
Erro 1	36	3116,35	52108,23	51488,36	0,004039
Salinidade	2	2864,95 ^{ns}	33451,08 ^{ns}	16915,90 ^{ns}	0,000137 ^{ns}
Gen x Sal	24	5687,24 [*]	111264,15 [*]	86869,26 [*]	0,003540 ^{ns}
Erro 2	78	3087,59	59136,33	51321,87	0,002324
CV 1 (%)		14,56	14,61	19,26	8,49
CV 2 (%)		14,49	15,57	19,22	6,44
Média		383,53	1561,91	1178,38	0,7481

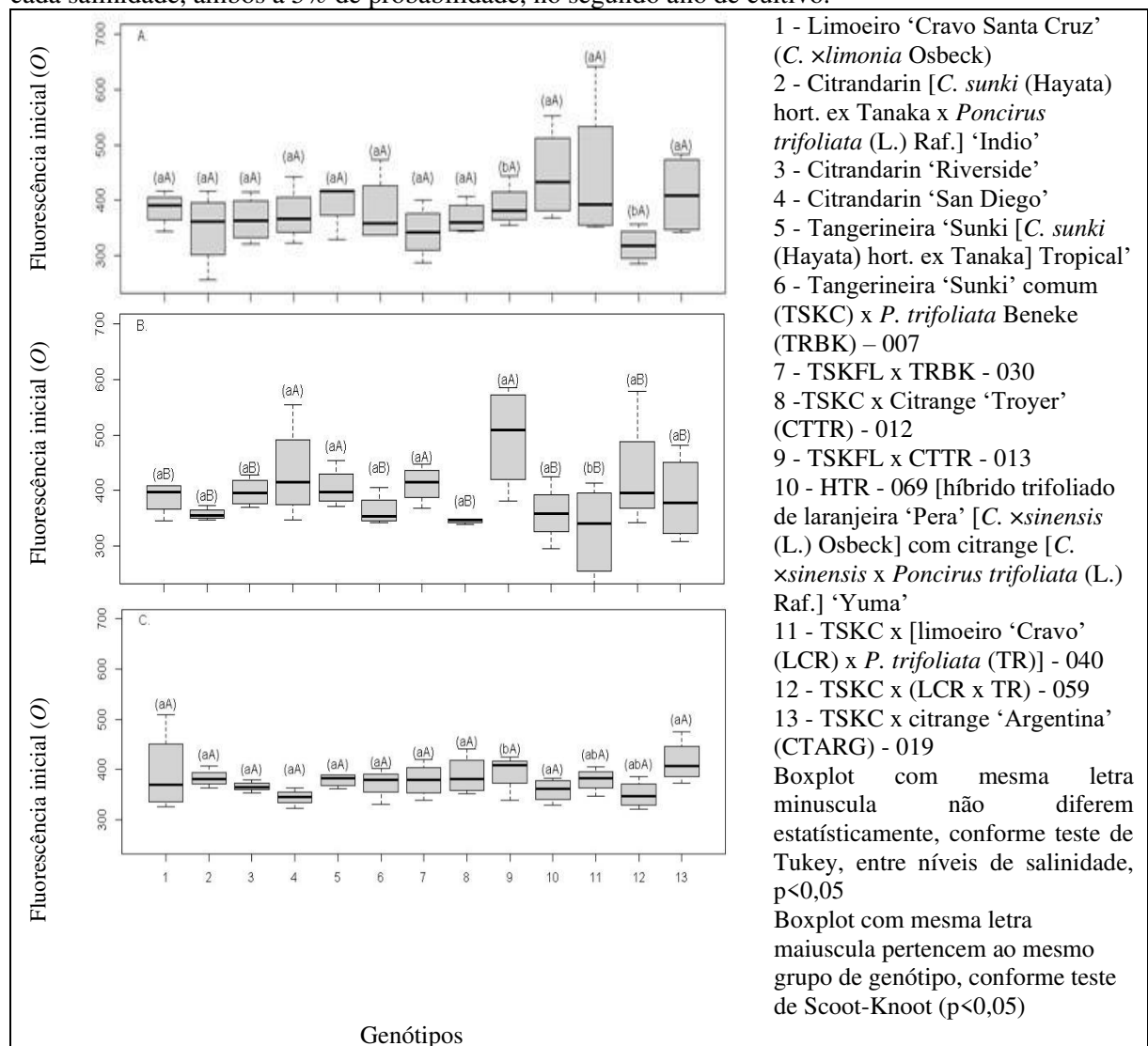
ns = não significativo; * e ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; CV = coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = genótipos (combinações copa/porta-enxerto); Sal = salinidade.

FONTE: Autoria própria (2021).

O efeito da salinidade nas fluorescências inicial (*O*), máxima (*P*) e variável (*FV*) foi variável entre os genótipos (Figuras 15, 16 e 17), observando-se, ao estudar a fluorescência inicial, que ao aplicar água com 2,4 dS m⁻¹ foram formados dois grupos de genótipos

(combinações copa/porta-enxerto), sendo as maiores médias observadas naquelas em que os porta-enxertos foram o citrandarin ‘San Diego’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, citrandarin TSKC x TRBK - 030 e citrangedarin TSKFL x CTTR - 013. Quanto a esta variável, ainda, foi possível notar distinção entre os níveis de salinidade nas plantas enxertadas no citrangedarin TSKFL x CTTR - 013 e nos citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040 e TSKC x (LCR x TR) - 059, sendo os maiores valores observados ao aplicar água com 2,4 dS m⁻¹ nas combinações com os híbridos TSKFL x CTTR - 013 e TSKC x (LCR x TR) - 059, e ao aplicar água com 0,14 dS m⁻¹ nas plantas tendo como porta-enxerto o híbrido TSKC x (LCR x TR) - 040 (Figura 15).

Figura 15 - Boxplot relativo às médias da fluorescência inicial (*O*) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



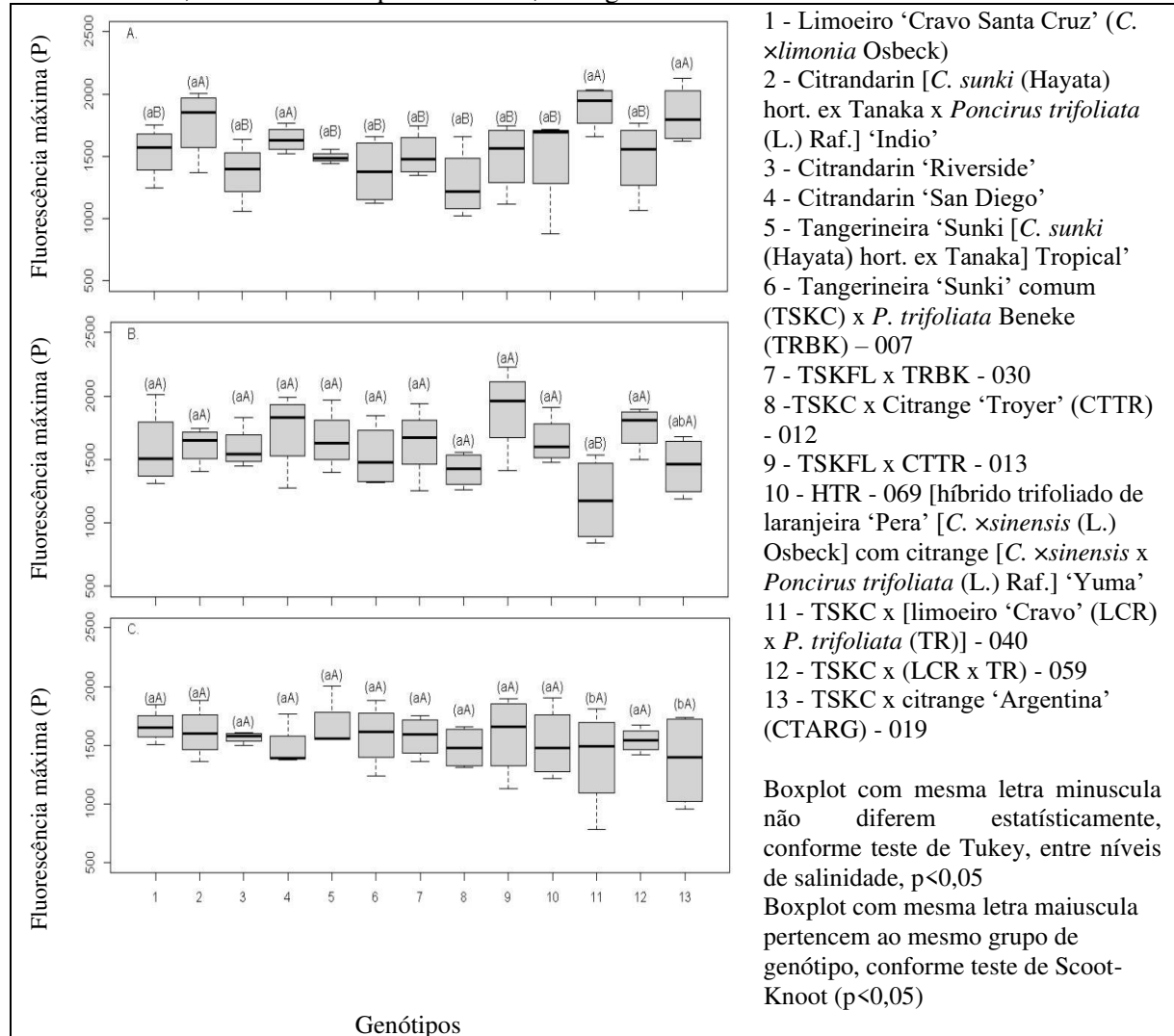
FONTE: Autoria própria (2021).

A fluorescência inicial é mensurada após a exposição do tecido a um período de escuro, o que ocasiona a oxidação dos elétrons, otimizando a absorção da energia luminosa, ou seja, é o momento em que se tem a menor perda por fluorescência, por isso os valores são menores. Todavia, caso o fotossistema esteja sob estresse, os valores tendem a aumentar, vindo a ser um indicador da condição de estresse, como observado por Silva *et al.* (2014) e Sá *et al.* (2015), que estudaram indicadores fisiológicos de percepção do estresse salino em mudas de citros.

Assim, considera-se a hipótese de que o aumento nos valores de fluorescência inicial possa ser um indicativo da percepção do estresse, porém, não significa maior ou menor sensibilidade à salinidade, pois podem ocorrer ajustamentos fisiológicos que permitam que a planta mantenha a formação de energia para os processos metabólicos, mesmo ocorrendo perdas na absorção de energia inicial.

A hipótese levantada está em sintonia com o observado na fluorescência máxima das plantas (*P*) (Figura 16), onde se nota que, embora tenha ocorrido distinção entre os genótipos em todos os níveis de salinidade, houve redução significativa da fluorescência máxima apenas nas plantas de ‘Tahiti’ enxertadas no citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040 e no citrangedarin TSKC x CTARG - 019, em especial quando foram irrigadas com águas de 4,8 dS m⁻¹. Sendo assim, nesses porta-enxertos houve redução na fluorescência emitida sob condição de exaustão do aparato fotossintético, o que pode ser uma tentativa de maior aproveitamento da energia recebida.

Figura 16 - Boxplot relativo às médias da fluorescência máxima (P) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.

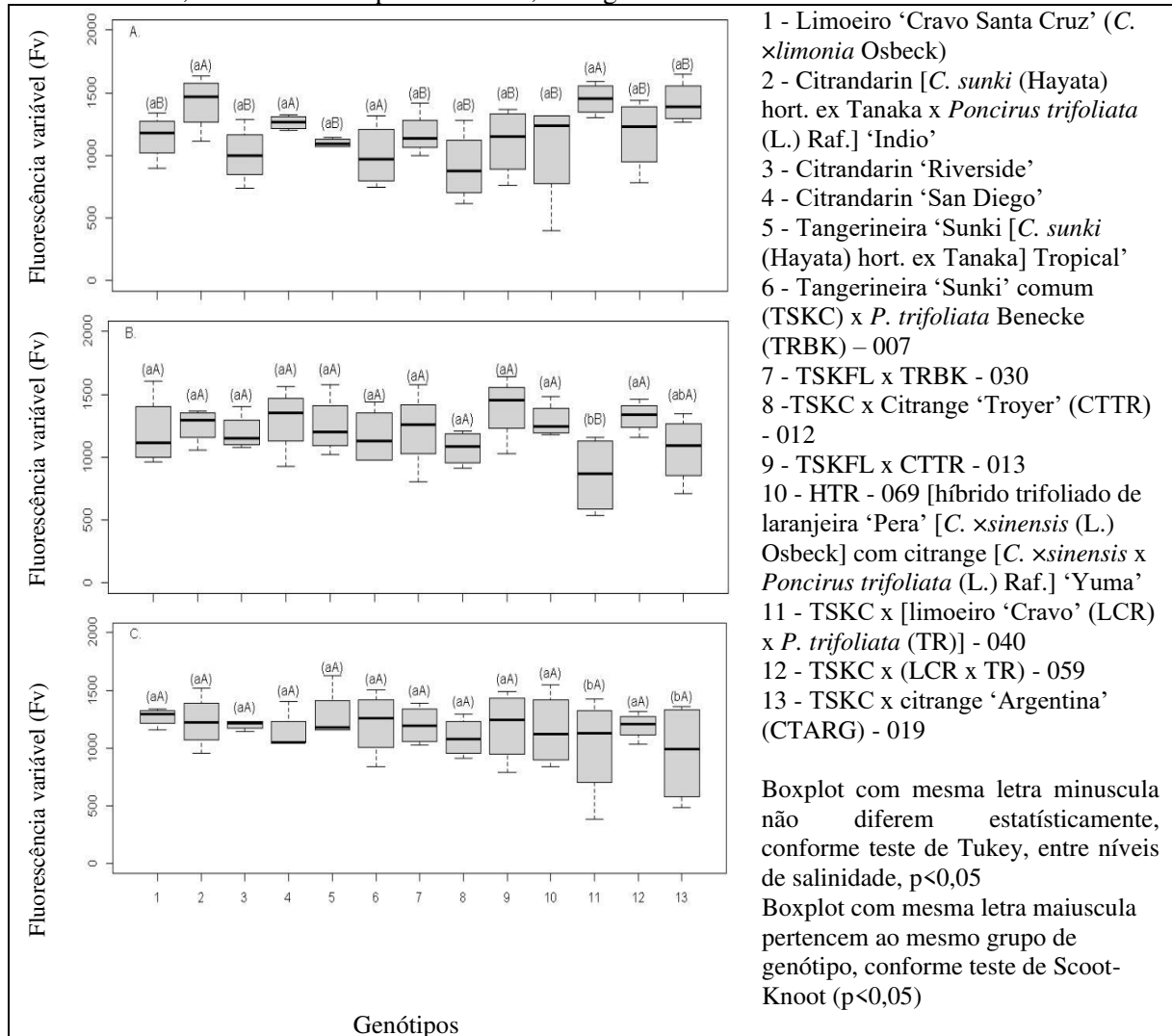


FONTE: Autoria própria (2021).

A fluorescência variável, resultado da subtração entre os valores de fluorescência máxima e mínima, foi diferente entre os genótipos apenas no menor nível de salinidade da água, onde se notam dois grupos de genótipos, conforme teste de Scott-Knott (Figura 17). Entretanto, o aumento da salinidade da água reduziu, de forma significativa, a fluorescência variável nas plantas de ‘Tahiti’ enxertadas nos híbridos TSKC x (LCR x TR) - 040 e TSKC x CTARG - 019, o que pode ser relacionado à redução nos valores de fluorescência máxima, também observada nesses genótipos, e ao aumento nos valores de fluorescência mínima, observado no citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040. Tais alterações, porém, não ocasionaram efeitos significativos nos valores da eficiência quântica do fotossistema II, que não foi afetado pela interação dos fatores, o que remete à hipótese de que o aparato fotossintético não sofreu dano

significativo, ou seja, as plantas, embora sob condição de estresse, estão conseguindo manter o metabolismo fotossintético.

Figura 17 - Boxplot relativo às médias da fluorescência variável (Fv) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

Ressalta-se que não houve diferença entre os fatores isolados, genótipos e salinidade, nem para a interação entre eles ao estudar a eficiência quântica do fotossistema II (FV/P), como mencionado. Mesmo assim, em comparação ao primeiro ano de cultivo, foi possível observar uma pequena redução na eficiência quântica do fotossistema II, que passou de 0,78 no primeiro ano, para 0,75 no segundo ano (Tabela 7), valor este, segundo López-Climent *et al.* (2008), dentro da normalidade, já que em estudos similares com plantas controle os referidos autores relataram a faixa de variação da eficiência quântica do fotossistema II entre 0,72 e 0,81 como

ideal para as plantas cítricas, embora para Silva *et al.* (2014) esse valor esteja no limite inferior indicado para a cultura, que é 0,75.

4.4.3 Trocas gasosas no primeiro ano de cultivo

Ao avaliar as trocas gasosas (Tabela 7), verificou-se efeito significativo da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água na taxa de assimilação de CO₂ (*A*), na condutância estomática (*gs*), na transpiração (*E*) e na eficiência intrínseca da carboxilação (*EiCi*) ($p \leq 0,05$). De maneira semelhante, também houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) para o fator salinidade na variável concentração interna de CO₂ (*Ci*), não se constatando efeito significativo de nenhum fator para a eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*).

Para o fator genótipo, as diferenças significativas foram notadas apenas nas variáveis *A*, *E*, *gs* e *EiCi* ($p < 0,01$). Ficando evidente que a salinidade da água afeta de forma diferenciada os porta-enxertos de citros na maioria das variáveis de trocas gasosa estudadas.

Tabela 7. Resumo da análise de variância relativa às trocas gasosas de combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com 13 porta-enxertos, sob salinidade da água, aos 270 dias após o início do estresse salino, considerando as variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO					
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Bloco	3	15,5781**	0,1015 ^{ns}	0,0057**	6624,621**	11,456 ^{ns}	0,00006 ^{ns}
Gen	12	13,4054**	0,4518**	0,0039**	1116,853 ^{ns}	6,1785 ^{ns}	0,0002**
Erro 1	36	1,6734	0,1565	0,0006	1102,876	6,4194	0,00004
Salinidade	2	13,0319**	0,5770**	0,0030**	2166,160*	1,3231 ^{ns}	0,0002**
Gen x Sal	24	3,4415**	0,1569*	0,0006**	398,861 ^{ns}	4,9946 ^{ns}	0,00007**
Erro 2	78	1,3732	0,0884	0,0003	510,670	6,0904	0,00003
CV 1 (%)		21,86	30,53	38,42	15,32	51,97	24,99
CV 2 (%)		19,80	22,96	27,09	10,42	50,62	21,98
Média		5,9188	1,2955	0,0641	216,8397	4,8753	0,0275

Ns = não significativo; * e ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; CV = coeficiente de variação; GL = grau de liberdade; Gen = genótipos (combinações copa/porta-enxerto); Sal = salinidade.

FONTE: Autoria própria (2021).

Os efeitos da salinidade sobre os vegetais podem ser de ordem osmótica ou iônica, o primeiro corresponde à diminuição do potencial osmótico e o segundo está relacionado ao desequilíbrio nutricional, devido à elevada concentração de íons específicos, o que promove

uma série de efeitos deletérios na fisiologia das plantas, dentre os quais as trocas gasosas, que são seriamente afetadas (NEVES *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2011), como notado neste trabalho.

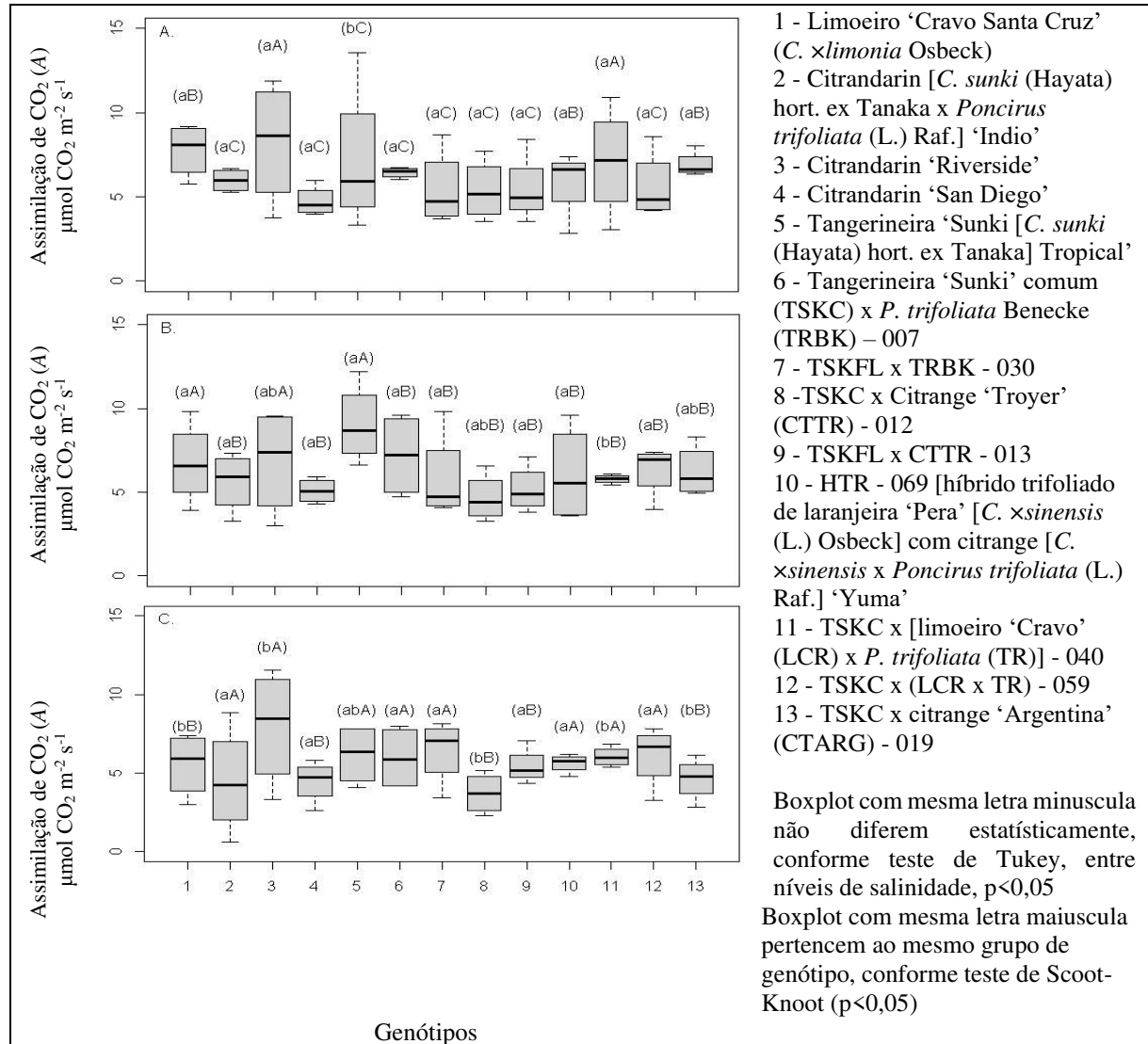
A taxa de assimilação de CO₂ (*A*) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi variável entre as 13 combinações copa/porta-enxerto conforme o nível de salinidade da água (Figura 18), verificando-se a formação de três grupos de genótipos quando as plantas foram irrigadas com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A) e dois grupos de genótipos quando irrigadas com águas de 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$). Entretanto, verificou-se que a salinidade só reduziu, de forma significativa, a fotossíntese líquida das plantas de ‘Tahiti’ enxertadas no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, no citrandarin ‘Riverside’, no citrangedarin TSKC x CTTR - 012), no citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040) e no citrangedarin TSKC x CTARG - 019.

Ao se irrigar com águas de 4,8 dS m⁻¹, notou-se que o citrandarin ‘Indio’, a tangerineira ‘Sunki Tropical’, os híbridos TSKC x TRBK - 007, TSKFL x TRBK - 030, HTR - 069 e TSKC x (LCR x TR) - 059 conferiram à variedade copa um maior valor de fotossíntese líquida, sendo agrupados entre os genótipos com maiores médias.

Por outro lado, as maiores reduções na fotossíntese líquida (*A*) foram observadas nas plantas sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarin ‘Riverside’, citrangedarin TSKC x CTTR - 012, citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040 e citrangedarin TSKC x CTARG - 019.

Todavia, considerando que os valores da taxa de assimilação de CO₂ de plantas cítricas variam de 4 a 10 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (MATTOS JÚNIOR *et al.*, 2005), os valores encontrados podem ser considerados normais, mesmo com irrigação com água de maior salinidade (4,8 dS m⁻¹), à excessão do citrangedarin TSKC x CTTR - 012, em relação ao qual o valor foi abaixo de 4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

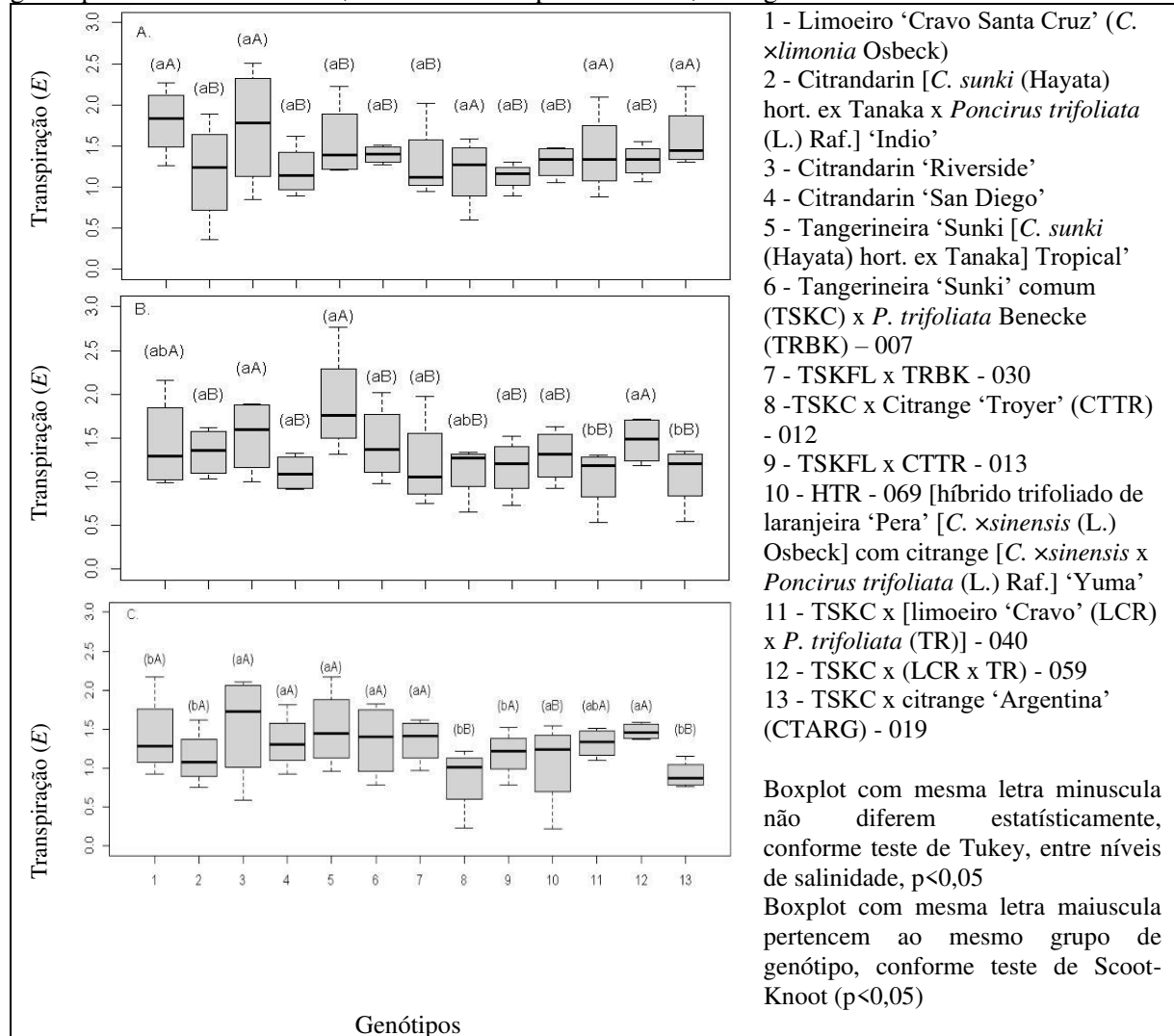
Figura 18 - Boxplot relativo às médias das taxas de assimilação de CO₂ (A) $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos, sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

A Figura 19 contém os Boxplot’s relativos às médias de transpiração (E) das 13 combinações copa/porta-enxerto sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), sendo possível verificar nos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e citrandarin ‘Riverside’ os maiores valores médios em todos os níveis de salinidade. Ademais, o aumento da salinidade, de maneira geral, ocasionou redução na transpiração das plantas, porém, tal redução só foi estatisticamente significativa quando se aplicou água com CEa de 4,8 dS m⁻¹, relativamente aos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e híbridos TSKC x CTTR - 012, TSKC x (LCR x TR) - 040 e TSKC x CTARG - 019.

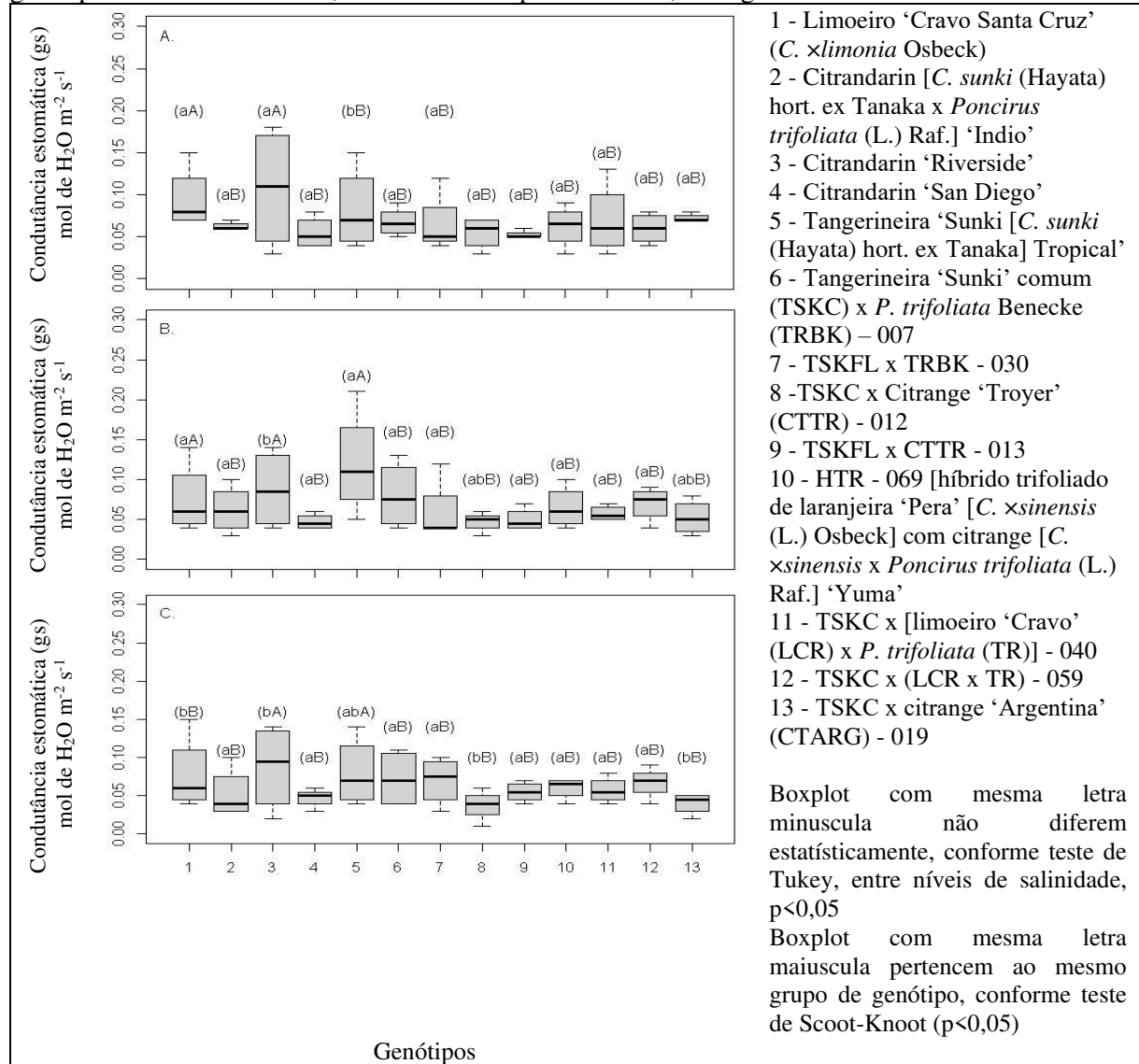
Figura 19 - Boxplot relativo às médias da taxa de transpiração (E) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos, sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

A condutância estomática (g_s) (Figura 20) foi reduzida pela salinidade de forma diferenciada entre os porta-enxertos, observando-se que os maiores valores de g_s significam que os estômatos da planta estão abertos, o que permite o influxo de CO₂ e, conseqüentemente, substrato para a realização da fotossíntese. Neste sentido, embora se observe que o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e o citrandarin ‘Riverside’ estiveram no grupo de maiores médias quando irrigados com águas de 0,14 dS m⁻¹, quando irrigados com água de 4,8 dS m⁻¹ constatou-se decrementos na ordem de 54,5% e 30,8% nos valores de g_s desses genótipos, respectivamente, o que denota a sensibilidade ao estresse salino.

Figura 20 - Boxplot relativo às médias de condutância estomática (gs) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos, sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

Por outro lado, a tangerineira ‘Sunki Tropical’ foi classificada entre os melhores genótipos quando irrigada com água de 4,8 dS m⁻¹, genótipos esses que compreendem os híbridos citrangor HTR - 069 e o citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040, que não sofreram redução nos valores de condutância ao serem submetidos a tal salinidade, o que denota a menor sensibilidade desses indivíduos, como evidenciado em outros autores (BRITO *et al.*, 2008; FERNANDES *et al.*, 2011; BRITO *et al.*, 2014).

Os valores de condutância estomática (gs) obtidos neste trabalho (Figura 11) variaram entre 0,03 e 0,13 mol de H_2O m⁻² s⁻¹. Segundo Medina *et al.* (2005), a gs para os citros varia de

0,1 a 0,3 mol de H₂O m⁻² s⁻¹. No entanto, Carvalho *et al.* (2016), estudando híbridos de citros, destacaram variações entre 0,05 a 0,10 mol de H₂O m⁻² s⁻¹, valores esses que são similares aos encontrados neste estudo.

4.4.4 Trocas gasosas no segundo ano de cultivo

Ao avaliar as trocas gasosas (Tabela 8) no segundo ano de cultivo, verificou-se efeito significativo da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade apenas para a variável condutância estomática (*gs*) ($p \leq 0,01$). Para o fator genótipo (combinações copa/porta-enxerto), não houve diferenças significativas em nenhuma das variáveis de trocas gasosas. Já o fator salinidade afetou, de forma isola, a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e a transpiração (*E*), indicando, além do efeito iônico já observado nas reações de fluorescência, efeitos de ordem osmótica nas plantas, situação esta que evidencia a condição de estresse.

Tabela 8. Resumo da análise de variância relativa às trocas gasosas de combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com 13 porta-enxertos, sob salinidade da água, aos 720 dias após o início do estresse salino, considerando as variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

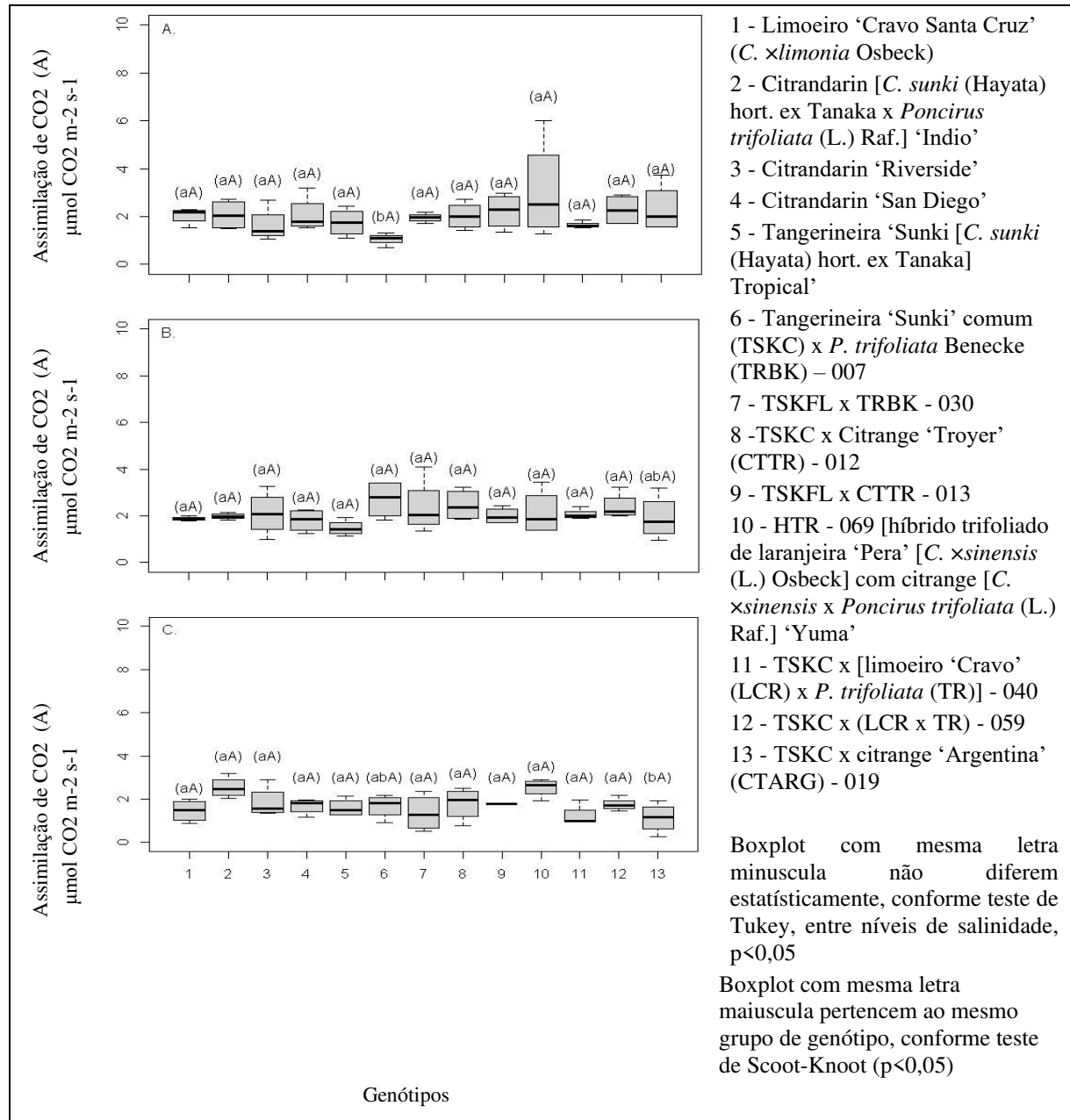
Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO					
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Bloco	3	0,0935 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	1,6405 ^{**}	14,9985 [*]	1,0832 ^{**}	0,0015 ^{ns}
Gen	12	0,0632 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,3186 ^{ns}	7,8753 ^{ns}	0,0833 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
Erro 1	36	0,0423	0,0037	0,3597	4,7952	0,1037	0,0014
Salinidade	2	0,1704 ^{**}	0,0011 [*]	0,8505 ^{ns}	0,0513 ^{ns}	0,0813 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Gen x Sal	24	0,0494 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,6301 ^{**}	4,3351 ^{ns}	0,1114 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
Erro 2	78	0,0329	0,0003	0,2848	3,5694	0,0988	0,0009
CV 1 (%)		12,07	1,86	19,66	17,26	13,90	3,62
CV 2 (%)		10,65	1,61	17,50	14,89	13,56	2,87
Média		1,7043	1,0364	3,0500	12,6887	2,3168	1,0327

Ns = não significativo; * e ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; CV = coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = genótipos (combinações copa/porta-enxerto); Sal = salinidade.

As taxas de assimilação de CO₂ (*A*) não foram diferentes, estatisticamente, entre as 13 combinações copa/porta-enxerto em nenhum nível de salinidade da água de irrigação (Figura 21), ou seja, não foram formados grupos de genótipos com maiores médias. Contudo, o efeito da salinidade foi diferenciado entre os genótipos, notando-se redução na fotossíntese líquida nas plantas de ‘Tahiti’ enxertadas no híbrido TSKC x CTARG - 019, indicativo de sua

sensibilidade, haja vista terem sido notados decrementos em variáveis de trocas gasosas e de fluorescência.

Figura 21 - Boxplot relativo às médias das taxas de assimilação de CO₂ (A) $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos, sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

Por outro lado, foi possível observar que a maioria dos genótipos mantiveram médias próximas, não havendo diferenças significativas mesmo com o uso de águas com 2,4 dS m⁻¹,

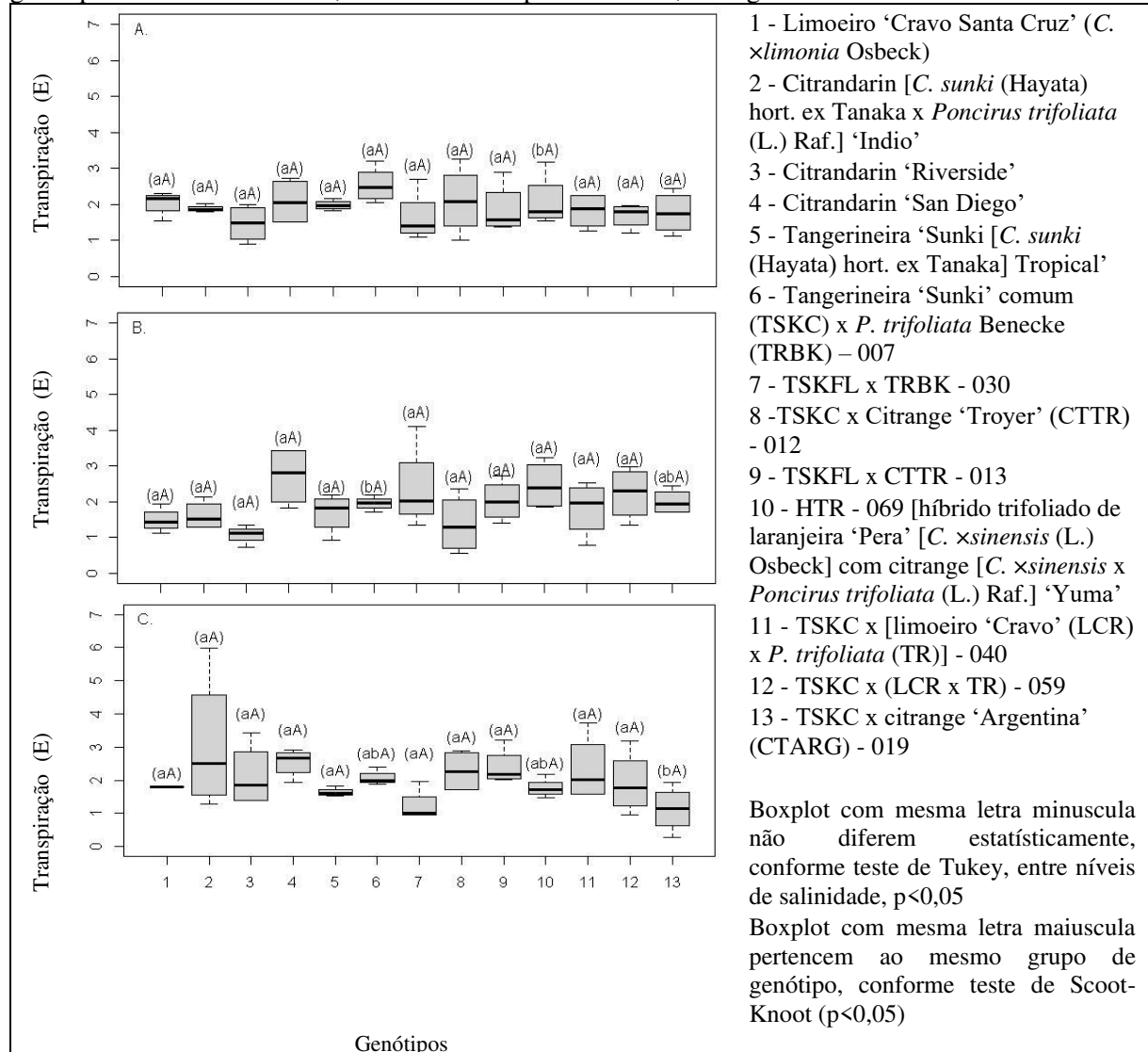
sendo os valores reduzidos quando se elevou o nível de salinidade para $4,8 \text{ dS m}^{-1}$, o que remete a uma condição de estabilidade ou de aclimatização, uma vez que estavam em seu segundo ano de produção e sob irrigação com águas salinas. Ademais, acrescenta-se que os valores médios de fotossíntese líquida, em todos os níveis de salinidade, ficaram abaixo de $4,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que pode ser interpretado como uma condição de exaustão da planta, diante de estresses múltiplos, notadamente pelo cultivo em vaso, pois, mesmo que se tenha aplicado um manejo nutricional adequado, as condições restritivas dos vasos podem ter gerado outros estresses, como os relacionados à temperatura (SYVERTSEN; GARCIA-SANCHES, 2014), implicando em uma redução no potencial fisiológico.

A redução ocasionada pela salinidade na taxa de assimilação de CO_2 é relatada na literatura como um efeito de ordem osmótica (SILVA *et al.*, 2014), uma vez que o aumento na concentração de sais diminui o potencial hídrico da água no solo e reduz a absorção de água, fazendo com que a planta, para garantir a manutenção do turgor, feche os estômatos e, assim, diminua o influxo de CO_2 para a câmara subestomática.

A transpiração (E) da limeira ácida ‘Tahiti’ não foi diferente, estatisticamente, entre os porta-enxertos (Figura 22), observando-se valores entre $1,0$ e $3,0 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, situação semelhante à constatada na fotossíntese líquida (A), ressaltando-se, ainda, que a aplicação de águas salinas nas condutividades elétricas de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ causaram, da mesma forma, redução nos valores de transpiração, em especial nas plantas enxertadas no citrangedarin TSKC x CTARG - 019, genótipo mais sensível, segundo verificou-se com base nos dados das análises fisiológicas, que mostraram efeitos nas trocas gasosas e na fluorescência.

A observação de maior sensibilidade à salinidade do híbrido TSKC x CTARG - 019, com base nos dados de fisiologia, foi acompanhada por uma menor produção de frutos determinada por esse porta-enxerto. Apesar da aplicação de águas com $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ não ter ocasionado perda significativa de rendimento em comparação com as plantas irrigadas com água de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 11), houve uma redução expressiva na produção das plantas enxertadas nesse citrangedarin. Tal fato só remete, porém, à importância de variáveis fisiológicas no entendimento e indicação de situações de estresse, o que pode ser uma ferramenta muito útil para as tomadas de decisão.

Figura 22 - Boxplot relativo às médias da taxa de transpiração (E) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos, sob irrigação com águas de 0,14 dS m⁻¹ (A), 2,40 dS m⁻¹ (B) e 4,80 dS m⁻¹ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



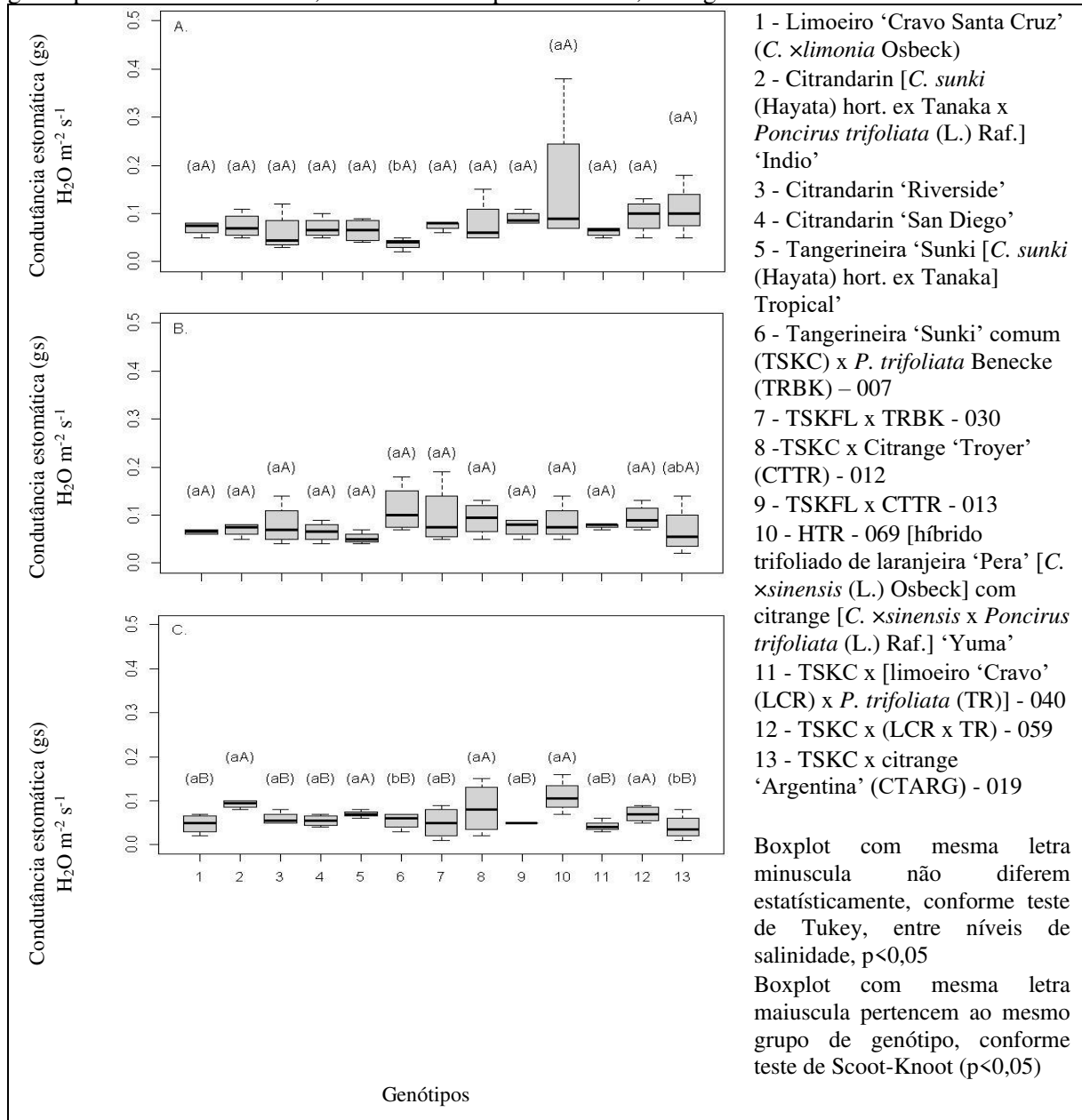
FONTE: Autoria própria (2021).

A condutância estomática (g_s) não variou com os porta-enxertos em cada nível de salinidade da água aplicado (Figura 23), sendo observado, porém, que o efeito da salinidade foi diferenciado entre os genótipos, em especial por se notar redução significativa dos valores de g_s no híbrido TSKC x CTARG - 019 irrigado com águas de 4,8 dS m⁻¹. A redução ocasionada pela salinidade também foi observada por Souza *et al.* (2014) em plantas de citros sob salinidade da água, os quais verificaram efeito deletério nas plantas.

Ademais, considerando que a condutância reflete a abertura estomática, e esta a possibilidade de entrada de CO₂, nota-se a coerência dos resultados, tendo em vista que o

citrangedarin TSKC x CTARG - 019 foi o porta-enxerto que se relacionou às menores taxas de fotossíntese sob irrigação com águas de maior salinidade.

Figura 23 - Boxplot relativo às médias da condutância estomática (gs) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em combinação com 13 porta-enxertos, sob irrigação com águas de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ (A), $2,40 \text{ dS m}^{-1}$ (B) e $4,80 \text{ dS m}^{-1}$ (C), com disposição do teste de comparação de médias, Tukey, para o fator salinidade em cada genótipo e de agrupamento de médias, Scott-Knott, entre genótipos em cada salinidade, ambos a 5% de probabilidade, no segundo ano de cultivo.



FONTE: Autoria própria (2021).

Em sintonia com os resultados presentemente obtidos, Oliveira *et al.* (2011) destacam que a condutância estomática é responsável pelo controle da abertura dos estômatos, que, por sua vez, é a responsável pela inferência das trocas gasosas. Assim, à medida que a média de gs é modificada pelo nível de salinidade de irrigação, os estômatos vão sendo prejudicados em suas atividades naturais, comprometendo a assimilação de CO_2 .

5. CONCLUSÕES

A salinidade reduz a produção das plantas de citros, em especial o número de frutos por planta (NFPL), o peso médio do fruto (PMF) e, conseqüentemente, o peso total de frutos (PF), tendo sido observadas reduções, gradativas, nos dois anos de cultivo.

O citrandarin ‘Riverside’, a tangerineira ‘Sunki Tropical’, e o citrangor HTR - 069 apresentaram uma maior estabilidade da produção, mesmo com o aumento da salinidade da água.

A tangerineira ‘Sunki Tropical’, o citrangor HTR - 069 e o citrimoniandarin TSKC x (LCR x TR) - 040 são menos sensíveis à salinidade da água de 4,8 dS m⁻¹, mantendo maiores produções e apresentando bom potencial fisiológico.

O efeito da salinidade nas plantas de citros foi de ordem osmótica, sendo que a salinidade reduz as trocas gasosas das plantas.

O aparelho fotossintético das combinações copa/porta-enxerto não foi afetado pela salinidade, já que a eficiência quântica do fotossistema II (*FV/P*) foi superior a 0,78 no primeiro ano de cultivo e de 0,75 no segundo ano.

Os citrangedarins TSKC x CTTR - 012, TSKFL x CTTR - 013 e TSKC x CTARG - 019 apresentaram maior sensibilidade ao estresse salino, com as menores produções ao serem irrigados com águas salinas de 2,4 dS m⁻¹, bem como com as maiores reduções na eficiência quântica do fotossistema II (FSII) e nas trocas gasosas.

Águas de até 2,4 dS m⁻¹ podem ser usadas no cultivo de citros sem comprometer, significativamente, a fisiologia das plantas, desde que se empregue porta-enxertos tolerantes à salinidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, S. N.; AC-PANGAN, W. O.; ROSSI, L. Effects of soil salinity on citrus rootstock 'US-942 'Physiology and Anatomy'. **HortScience**, v. 54, n. 5, p. 787-92, 2019.
- AKTAS, H.; ABAK, K.; CAKMAK, I. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. **Scientia Horticulturae**, v.110, p.260–266, 2006.
- ALMEIDA, J. F. **Ecofisiologia de limeira ácida 'Tahiti' condicionada a porta-enxertos de citros e salinidade da água**. 2019. 58 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campinas Grande, Pombal.
- ALMEIDA, K. S. S. A.; PAZ, V. P. S.; SOUZA, L. S.; COELHO FILHO, M. A. E HOCES, E. H. Balanço de água em solo cultivado sob pomar adensado de laranja 'Pêra' enxertada em diferentes porta-enxertos. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 235-248, 2018.
- AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F. DE; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; COSTA, R. N. T. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 961-971, 2007.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Oxford, v. 59, p. 89-113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.1607-1621, 2004.
- BARBOSA, R. C. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, L. A. Gas exchange of citrus rootstocks in response to intensity and duration of saline stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 725-738, 2017.
- BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A.; PASSOS, O. S.; SÁ, J. F.; ATAÍDE, E. M.; CALGARO, M. **Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira**. Embrapa Semiárido- Artigo em periódico indexado (ALICE), Belo Horizonte, v.35, n.281, p.36-45, 2014.
Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1007492/1/Debora214.pdf>. Acesso em: 03 de jun. 2020.
- BHERING, L.L. **Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.17, n. 2, p. 187-190, 2017.
- BNB (2018) - **Citricultura na área de atuação do bnb**.
https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4049480/41_Citrus_2018.pdf/11e22002-730c-a18b-0d0f-479f9e4d3309. Acesso em 03 jun. 2020.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; Öquist, G.; Schreider, U.; Lechner E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

BOTÍA, P.; NAVARRO, J. M.; CERDÁ, A.; LOPEZ, V. M. Yield and fruit quality of two melon cultivars irrigated with saline water at different stages of development. **European Journal of Agronomy**, Taastrup, v. 23, n. 3, p. 243-253, 2005

BRAZ, V. B.; RAMOS, M. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; SOUSA, C. A. F. DE; MANTOVANI, E. C. Níveis e frequências de irrigação na limeira 'Tahiti' no Estado do Piauí. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.5, p. 611-619, 2009.

BRITO. M. E. B.; SOARES. L. A. A.; SOARES FILHO. W. S.; FERNANDES. P. D.; SILVA. E. C. B.; SÁ. F. V. S.; SILVA. L. A. Emergence and morphophysiology of 23 Sunki mandarin and other citrus genotypes seedlings under saline stress. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 16, p.e0801, 2018.

BRITO, M. E. B. FERNANDES. P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES. L. A. A.; SOARES FILHO. W. S.; SUASSUNA. J. F. Screening of citrus scion-rootstock combinations for tolerance to water salinity during seedling formation. **Acta Scientiarum - Agronomy**, n. 43, p. e48163, 2021.

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S. DE.; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 27, p. 17-27, 2014.

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, n. 2, p.132-141, 2016.

CARVALHO, W. S. G. DE. **Eficiência produtiva e porte de cultivares de citros enxertadas sobre os porta-enxertos limoeiro 'cravo' e 'flying dragon', em cultivo irrigado**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes- Rio de Janeiro, 2018.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. DA. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.

CUNHA, E. DA. **Os Sertões**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2003. DARNTON, Robert.

EMBRAPA (1997) - **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 212 pp.

FERGUSON, L.; GRATTAN, S. R. How Salinity Damages Citrus: Osmotic Effects and Specific Ion Toxicities. **Hort Technology**, Alexandria, v.15, n.1, p.19-28, 2005.

FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S. DE; CARNEIRO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.

FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P. DE.; MEDEIROS, S. S.; **Halofitismo e agricultura bioassalina**. In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.), 2016.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GAYET, J. P., SALVO FILHO, A. (2003) Colheita e beneficiamento. In: Mattos Jr., D., De Negri, J. D., Figueiredo, J. O. (Eds) **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico.

GIRARDI, E. A. **Métodos alternativos de produção de mudas cítricas em recipientes na prevenção da morte súbita dos citros**. Piracicaba, 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, v. 2, 2016, 506p.

HAIR, F. J.; BLACK, B.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B. DE; CONDÉ, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Rev. Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.299–309, 2014.

HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, Scottsville, v. 81, p. 103- 112. 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. **Laranja, limão e tangerina**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em 23 novembro de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: agosto 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso: 10 de dezembro de 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. **Levantamento Sistemático da produção agrícola**: janeiro de 2021. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso: 03 de março de 2021

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto v.42, p.313-349, 1991.

KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Acta Botânica**, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.

LAURIANE, A. D. A.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S. DE; FILHO, W. DOS S. S.; OLIVEIRA, E. S. DE. Crescimento de combinações copa-porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. pg 211-217, 2015.

LEVY, Y.; SYVERTSEN, J. Irrigation Water Quality and Salinity.Effects in Citrus Trees. **Horticultural Reviews**, v. 30, p. 37-82, 2004.

LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; MOURA, F. T. Perfil da citricultura de Matinhas, PB, visando ao mercado nacional. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.1., n.1, p.1-7. 2007.

LÓPEZ CLIMENT, M. F.; ARBONA, V.; PÉREZ CLEMENTE, R. M.; GÓMEZ CADENAS, A. (2008). **Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus.**

LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1245-1255, 2012.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 40, n.12, dez. 2005.

MAÇORANO, R. P. **Impacto das Mudanças Climáticas na Dinâmica da Citricultura no Estado de São Paulo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

MEDINA, C. L.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L.; MACHADO, E. C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J. D.; Pio, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundag, 2005. p.148-195.

MAAS, E. V. **Salinity and citriculture**. *Tree Physiology*, Victoria, v.12, s.n., p.195-216, 1993.

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

MELO, A. S. DE.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MONTENEGRO, H. W. S. **Clima e Solo**. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.C.P. **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. p.225-239.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v.74, p.219-231, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.

NEVES, Marcos Fava (Coord.) (2010). **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto, Markestrat, 137 p.

NEVES, A. L. R. LACERDA, C. F., GUIMARÃES, F. V. A., HERNANDEZ, F. F. F., SILVA, F. B., PRISCO, J. T., GHEY, H. R. 2009. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural** 39:758-765

OLIVEIRA, V. J. S.; SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, E. J.; DANTAS, J. L. L.; DANTAS, A. C. V. L. Avaliação de condutância estomática e temperatura foliar em variedades de mamão submetidas a déficit hídrico. **In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM., 2011.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. DO N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. DOS. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, p.1308-1324, 2015.

R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RESENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; MENESES, T. N. Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.46-52, 2014.

RODRIGUEZ, O. **Ecofisiologia dos citros**. In: CASTRO, P. R. C. (Ed.). Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 149- 164.

SÁ, F. V. DA S.; BRITO, M. E. B.; PEREIRA, I. B.; ANTÔNIO NETO, P.; SILVA, L. DE A.; COSTA, F. B. DA. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 544-556, 12 out. 2015. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2015v20n3p544>.

SANTANA, L.G.L.; SOUZA, E.S.; PASSOS, O.S.; GESTEIRA, A.S.; LEDO, C.A.S.; SOARES FILHO, W.S. Vigor and mortality of citrus progenies with potential use as rootstocks. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.75, n.4, p.339-345, 2018.

SETIMELA, P. S.; VIVEK, B.; BÄNZIGER, M.; CROSSA, J.; MAIDENI, F. Evaluation of early to medium maturing open pollinated maize varieties in SADC region using GGE biplot based on the SREG model. **Field Crops Research**, v. 103, n. 3, p. 161–169, 2007.

SILVA, F. V. DA.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; TRAVASSOS, K. D.; SUASSUNA, J. F.; CARDOSO, J. A. F. Produção de citros irrigados com água moderadamente salina. **Irriga**, Edição Especial, Botucatu p.396-407, 2012.

SILVA, L. DE A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. DA S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. DOS S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Ambient.**, Campina Grande, v. 18, p. 1-7, 2014.

SILVA, S. R. DA.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; BASSAN, M. M. Desempenho da tangerineira ‘Span Americana’ Em Diferentes Porta-Enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1052–58, 2013.

SOUSA, A. E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; GHEYI, H. R.; LIMA NETO, M. C.; LACERDA, C. F.; SOARES, F. A. L. Trocas gasosas e conteúdo de carboidratos e compostos nitrogenados em pinhão-mansão irrigado com 112 águas residuária e salina. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1428-1435, out. 2012.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 586-592, jun. 2011.

STOREY, R.; WALKER, R. R. Citrus and salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.8, n. 1-4, p. 39-81, 1999.

SWINGLE, W. T.; REECE Crop Science, P.C.. **The Botany of Citrus its Wild Relatives**. In: Reuther, W.; Webber, H.J.; Batchelor, L.D. The Citrus Industry. Riverside: University of California, v. 1, p. 190-422, 1967.

SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environment and Experimental Botany**, n. 103, p. 128–137, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TALEISNIK, E.; GRUNBERG, K. Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. **Physiologia Plantarum**, 92:528-534, 1994.

WEBBER, H. J.; Reuther, W.; Lawton, H. W. 1967. **History and Development of The Citrus Industry**. In: Reuther, W.; Webber, H.J.; Batchelor, L.D. (Ed.). The citrus industry. Riverside: University of California, v. 1, p.1-39.

WU, G. A.; TEROL, J.; IBANEZ, V.; LÓPEZ-GARCÍA, A.; PÉREZ-ROMÁN, E.; BORREDÁ, C.; DOMINGO C.; TADEO, F. R.; CARBONELL-CABALLERO, J.; ALONSO, R.; CURK, F.; DU, D.; OLLITRAULT, P.; ROOSE, M.; DOPAZO, J.; GMITTER, F.; ROKSHAR, D.; TALON, M. (2018) Genomics of the origin and evolution of *Citrus*. **Nature** 554(7692):311–316. (2018).

YOUNG, A. L.; FRANK, H. A. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching of chlorophyll fluorescence. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 36, n. 1, p. 3-15, 1996.

ZHANG, H. S.; ZAI, X. M.; WU, X. H.; QIN, P.; ZHANG, W. M. An ecological technology of coastal saline soil amelioration. **Ecological Engineering**, v.67, p.80-88, 2014.

ZHAO, G. Q.; MA, B. L.; REN, C. Z. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. **Crop Science**, v. 47, p. 123 – 131, 2007.

ZULIAN, A.; DÖRR, A. C.; ALMEIDA, S. C. Citricultura e agronegócio cooperativo no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 11, p. 2291-2306, 2013.